

# Sähkönsiirron verkko-opintojakson suunnittelu toisen asteen opiskelijoille

Alexi Kaakinen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Kaakinen, Aleksi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Sähkönsiirron verkko-opintojakson suunnittelu toisen asteen opiskelijoille</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hukari, Sirpa		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Tavoitteena oli suunnitella vapaa valintainen sähkönsiirtoa ja sähköalaa esittelevä verkko-opintojakso toisen asteen opiskelijoille. Opintojakso oli suunnattu pääasiassa lukion opiskelijoille. Verkko-opintojakson suunnitelma tuli Jyväskylän ammattikorkeakoulun käyttöön, jonka pohjalta verkko-opintojakso voitaisiin toteuttaa ja lisätä Keski-Suomen verkkokurssi tarjontaan.</p> <p>Toisen asteen opiskelijoilla teetettiin kysely, jonka avulla pystyttiin luomaan selkeä kuva lukiolaisten lähtötilanteesta opintojaksoa varten. Lisäksi lähtötilanteen selvittämisen tueksi haastateltiin lukion pitkän fysiikan opettajaa. Lähtötietojen perusteella suunniteltiin verkko-opintojakson kokonaisuus ja sisältö. Sisältöön valittiin materiaalia opintomateriaaleista, alan kirjallisuudesta ja aihetta käsittelevistä verkkojulkaisuista. Opintojaksolle kerättiin mahdollisimman mielenkiintoisia aihealueita, että lukion opiskelijat saataisiin kiinnostumaan opintojaksosta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun käyttöön kattava suunnitelma verkko-opintojakson toteuttamista varten, josta ilmenee opintojakson kokonaisuus, käytettävät työtunnit, tehtävät harjoitteet ja muut opintojakson valmisteluun vaadittavat tiedot.</p> <p>Verkko-opintojaksoa varten tuotettua teoriaa ja muuta materiaalia voidaan käyttää hyödyksi koulumaailmassa sähkönsiirtoon liittyvillä kursseilla ja apuna verkko-opintojaksojen suunnittelussa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Sähkönsiirto, sähkönjakelu, sähköverkot, verkko-opintojakso		
Muut tiedot		

Author(s) Kaakinen, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Designing online course on electric transmission for secondary students</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Hukari, Sirpa		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to design an optional online course for secondary level students and introduce them to transmission of electricity and electrical engineering. The course was mainly aimed at high school students. The design was assigned JAMK University of Applied Sciences. Based on the design, the online course can be implemented and added to the "Central Finland online" web site that offers online courses for students.</p> <p>A survey of secondary level students was made to create a clear picture of the high school students' starting level. In addition to studying the baseline situation, a high school physics teacher was interviewed. Based on the starting level of students, an online course was created. The material was chosen from study materials, relevant literature and online publications dealing with the topic. The most interesting topics were gathered for the online course in order to attract high school students to the course.</p> <p>The result was a comprehensive design of the online course, showing the contents of the course, work hours, exercises and other information required for the preparation of the course.</p> <p>The theory and other material produced for the online course can be used in University of Applied Sciences education in courses related to electricity transmission and to help with the design of an online course.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )		
Electric transmission, distribution, power grid, online course		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Johdanto .....	4
1.1	Tehtävien määrittely ja tavoitteet .....	4
1.2	Työn toimeksiantaja .....	4
2	Kehittämistutkimus .....	5
3	Sähköenergian tuotanto Suomessa .....	6
4	Sähköenergian siirto ja jakelu Suomessa .....	8
4.1	Sähkövoimajärjestelmä .....	8
4.2	Sähköverkon komponentit .....	10
4.2.1	Generaattori .....	10
4.2.2	Sähköasema .....	10
4.2.3	Muuntajat .....	11
4.2.4	Sähköjohdot .....	12
4.2.5	Sekundäärilaitteet ja -järjestelmät .....	13
4.3	Sähköverkon rakenne .....	13
4.3.1	Sähköverkon toteutustavat .....	13
4.3.2	Sähköverkkojärjestelmät .....	14
4.4	Sähköverkon häiriöt ja ongelmat .....	18
4.5	Tulevaisuuden näkymät .....	20
4.5.1	Haja-asutusalueen jakeluverkon tulevaisuus .....	21
4.5.2	Kaupunki- ja alueverkkojen tulevaisuus .....	22
5	Sähkön käyttö .....	23
5.1	Kiinteistöverkot .....	23
5.1.1	Liittyminen verkkoon .....	24
5.1.2	Kiinteistöverkon rakenne .....	24
5.1.3	Kiinteistöverkon suojaus .....	26
5.2	Teollisuusverkot .....	26

6	Älyverkko .....	27
7	Verkko-opintopakso .....	29
7.1	Opintopakson tarkoitus .....	29
7.2	Opintopakson tavoitteet .....	29
7.3	Opintopakson valmistelu .....	29
7.3.1	Optima oppimisympäristö .....	31
7.3.2	Toteutussuunnitelma .....	32
7.3.3	Opintopakson materiaali .....	33
7.3.4	Harjoitteet .....	33
7.4	Opintopakson toteutus .....	35
8	Tulokset ja yhteenveto .....	35
9	Pohdinta .....	36
	Lähteet .....	38
	Liitteet .....	42
	Liite 1. Suomen voimansiirtoverkko (Voimansiirtoverkko n.d.) .....	42
	Liite 2. Teollisuus verkon rakenne ja kuormalaitteet (Korpinen n.d.) .....	43
	Liite 3. Kysely toisen asteen opiskelijoille .....	44
	Liite 4. Mallitehtävät .....	47
	Liite 5. Opintopakso-suunnitelma .....	50

## Kuviot

Kuvio 1. Sähkön tuotantoon käytetyt energialähteet vuonna 2016 (Sähkön tuotanto 2016).....	7
Kuvio 2. Suomen sähköjärjestelmän rakenne (Puttonen 2014.) .....	9
Kuvio 3. Muuntajan periaatteellinen toiminta (Väärämäki 2004.) .....	11
Kuvio 4. Sähköverkon eri rakenne vaihtoehdot (Korpinen n.d.).....	14
Kuvio 5. TN-S-järjestelmä (Harsia 2013.) .....	16
Kuvio 6. TN-C-järjestelmä (Harsia 2013.) .....	17
Kuvio 7. TN-C-S-järjestelmä (Harsia 2013.) .....	17
Kuvio 8. IT-järjestelmä (Harsia 2013.) .....	18
Kuvio 9. Sähkökatkoja aiheuttaneet ilmiöt vuonna 2014 (Yleistietoa häiriöistä 2014.) .....	19
Kuvio 10. Haja-asutusalueen sähköverkon kehitystarpeet (Mts. 79.) .....	22
Kuvio 11. Kaupunkialueen sähköverkon kehitystarpeet (Mts. 84.) .....	23
Kuvio 12. Pienen kiinteistön sähköverkon rakenne (Rantala 2016.) .....	25
Kuvio 13. Esimerkki älykkästä sähköverkosta (Älykkäät sähköverkot 2010.) .....	28
Kuvio 14. Rooleja Optima-ympäristössä (Optima opas käyttäjälle, 2015.) .....	31
Kuvio 15. Optima ympäristöön luotu työtila verkko-opintojaksoa varten .....	32

## Taulukot

Taulukko 1. Sähköverkon pituudet vuonna 2014 (Sähköverkkojen rakenne n.d.) .....	9
Taulukko 2. Sähkönjakelujärjestelmien kirjaintunnukset (Harsia 2008.).....	15
Taulukko 3. Verkko-opintojakson työtunnit suunnitelma .....	33
Taulukko 4. Verkko-opintojakson harjoitteiden suunnitelma .....	34

# 1 Johdanto

## 1.1 Tehtävien määrittely ja tavoitteet

Toisen asteen opiskelijoilla ei aina ole selkeää suunnitelmaa valmistumisen jälkeen ja mielenkiintoista jatko-opiskelupaikkaa voi olla vaikea löytää. Epätarkoituksenmukaisia koulutusvalintoja ja opintojen keskeyttämisiä pyritään ehkäisemään sujuvoittamalla opintopolkuja ja edistämällä osuvia koulutusvalintoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella valinnainen sähkönsiirtoon ja sähköalaan liittyvä verkko-opintojakso toisen asteen opiskelijoille. Opintojakso on suunnattu lähinnä lukiolaisille. Verkko-opintojakso on osa Omalle polulle korkeakouluun -hanketta, jonka tarkoituksena on antaa toisen asteen opiskelijoille mahdollisuus tutustua korkeakouluopintoihin ja auttaa tulevissa koulutusvalinnoissa (Keski-Suomen verkko-kurssitarjotin n.d.).

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimalla toisen asteen opiskelijoiden mielenkiintoa sähköalaa kohtaan kyselyjen ja haastattelujen avulla. Työhön valittiin sisältöä opiskelijoille suoritettujen kyselyiden ja sähkönsiirtoon ja -jakeluun liittyvien teoksien pohjalta. Lähteet pyrittiin valitsemaan ja merkitsemään opinnäytetyöhön niin, että työn lukija löytää helposti haluamansa tiedot. Opinnäytetyössä käytettiin paljon internet-lähteitä, koska uusimmat tilastot ja tiedot löytyivät internetistä.

Valmiin opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa suunnitelma verkko-opintojaksoa varten, joka voidaan toteuttaa käytännössä jälkikäteen. Opintojakson opintojaksosuunnitelmasta ilmenee kurssin suunnitelma, sisältö, toteutustapa ja arviointimenetelmä.

## 1.2 Työn toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologian yksikkö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu on kansainvälinen korkeakoulu, joka koostuu ammatillisesta opettajakoulutuksesta, hyvinvointiyksiköstä, liiketoimintayksiköstä ja teknologiayksiköstä. Opiskelijoita ammattikorkeakoulussa on 8500. (Tutustu ja menesty n.d.)

Teknologiayksikkö sisältää teollisuustekniikan, logistiikan, IT-instituutin ja biotalous-instituutin, joiden alla on useita eri koulutusohjelmia. Teknologiayksikössä on 2641 opiskelijaa ja 170 työntekijää. (Teknologian yleisesittely 2015–2016 suomeksi n.d.)

Opinnäytetyö on suoritettu sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelman tarpeisiin. Automaatiotekniikan opinnoissa perehdytään automaatiototeutusten eri tasoihin teollisuuslaitoksissa ja teollisuuden keskeisimpiin osaprosesseihin. Sähkötekniikan opinnoissa keskitytään suunnittelussa käytettäviin laskenta- ja mitoitusmenetelmiin, sekä suunnittelutyökalujen käyttöön. (Automaatiota ja sähkövoimatekniikkaa n.d.)

## 2 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksen rakenne voidaan jakaa selkeisiin vaiheisiin, jotka ovat

- nykytilan kartoitus
- ongelmatilanteen analyysi ja siihen vaikuttavat tekijät
- synteesi: parannusehdotus ja interventio
- kokeilu
- arviointi
- seuranta

Opinnäytetyö suuntautuu ilmiöön, joka voi olla yritys, organisaatio, yksityinen henkilö, tuote tai prosessi. Nykytilan kartoituksella tarkoitetaan ilmiöön ja sen toimintaympäristöön tutustumista. Ilmiön lähtötilanteeseen perehdytään ja tehdään tilaneanalyysi, jolla pyritään selvittämään ilmiön kokonaisuus ja siihen vaikuttavat tekijät. (Kananen 2012, 54-55.)

Ongelmatilanteen analysoinnissa kehittämiskohde rajataan tarkasti ja selvitetään siihen vaikuttavat tekijät. Oleellisinta on ongelman ytimen löytäminen ja sen määrittely. Ongelmatilanteen selvittämiseksi käytetään erilaisia ongelmanratkaisumenetelmiä, kuten käsitekartta, KJ-menetelmä, kalanruotokaavio ja kaukaiset ajatusmallit. (Kananen 2012, 63-69.)



Ratkaisuvaiheen oleellisin osa on eri vaihtoehtojen arviointi. Ratkaisuvaihtoehtoista on löydettävä paras menettelytapa tai interventio, jonka avulla muutos saadaan aikaan. Ratkaisu voidaan tuottaa myös tavoiteasetantana, jolloin tavoitteen arviointi on mahdollista toteutuksen jälkeen. (Kananen 2012, 74-75.)

Ratkaisua voidaan kokeilla toimintasuunnitelman avulla, josta löytyvät projektin perustelut, kehittämisprojektin tavoite, toteuttamiseen tarvittavat tehtävät, henkilöt, ajoitus ja aineelliset ja taloudelliset resurssit. Mikäli kokeilu tai lopputulos ei tyydytä, voidaan prosessia uusia. Prosessia uusitaan havainnointien ja arviointien perustella, joita kerätään kehittämisprosessin aikana. (Kananen 2012, 77-79.)

Ratkaisun tai intervention jälkeen suoritetaan arvio tavoitteiden saavuttamisesta. Projektin tuloksia verrataan asetettuihin tavoitteisiin ja arvioidaan saavutettuja tuloksia. Tuloksien arviointi voidaan tehdä suhteessa tavoitteeseen tai suhteessa alkutilanteeseen. (Kananen 2012, 80-81.)

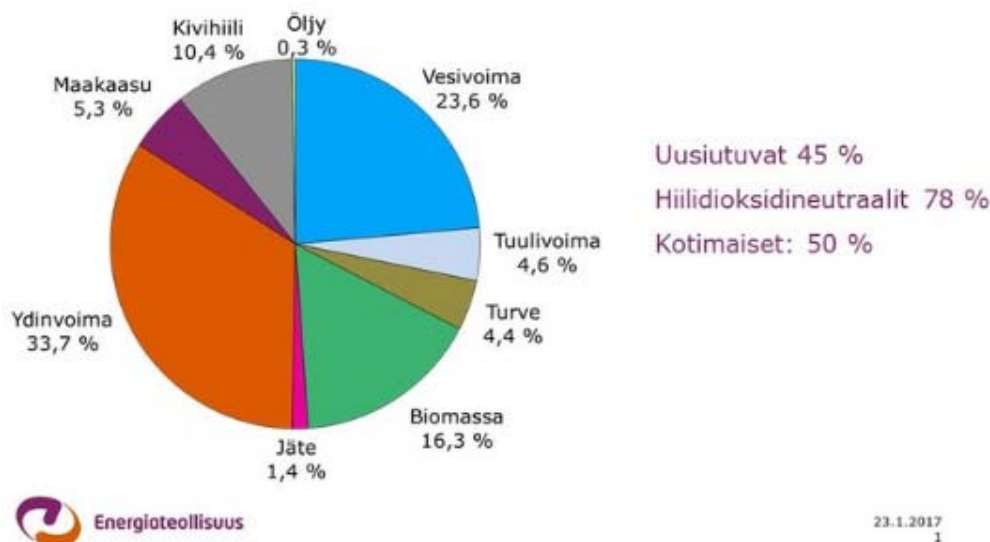
Opinnäytetyössä suunniteltua verkko-opintojaksoa varten teetettiin lukion opiskelijoilla kysely, jonka avulla kartoitettiin opiskelijoiden lähtötilannetta. Lähtötilanteen kartoittamisen tueksi tehtiin myös haastatteluja ja selvitettiin lukio-opintojen laajuutta. Kyselyn ja haastattelujen avulla ongelmatilannetta pystyttiin analysoimaan ja verkko-opintojakson kokonaisuus suunniteltiin vastaamaan opiskelijoiden lähtötilannetta. Ratkaisuna saatiin suunnitelmat verkko-opintojakson toteuttamista varten. Opintojakso tulee toteutukseen myöhemmin, joten opintojakson arviointi ja seuranta suoritetaan toteutuksen yhteydessä.

### **3 Sähköenergian tuotanto Suomessa**

Sähköenergiaa tuotetaan Suomessa primaarienergiasta voimalaitoksissa. Primaarienergiana käytetään fossiilista tai uusiutuvaa polttoainetta, vesivoimaa, tuuli- tai aurinkovoimaa ja ydinvoimaa. Primaarienergia muutetaan tyypillisesti voimakoneessa käytettäväksi energiaksi kuten vesihöyryksi. Voimakoneessa eli turbiinissa vesihöyry muutetaan mekaaniseksi energiaksi ja turbiinin kanssa samalle akselille kytketty generaattori muuntaa sen edelleen sähköenergiaksi. Vesivoimalassa virtaava vesi pyörittää turbiinia ja tuulivoimalassa tuuli pyörittää suoraan generaattoria. Au-

rinkosähköjärjestelmissä auringon säteilyenergia muutetaan suoraan sähköenergiaksi. Kuviossa 1 on nähtävillä vuonna 2016 Suomen sähköntuotantoon käytetyt energialähteet. (Hietalahti 2013, 46, 54.)

### Sähköntuotanto energialähteittäin 2016 (66,1 TWh)



Kuvio 1. Sähköntuotantoon käytetyt energialähteet vuonna 2016 (Sähköntuotanto 2016).

Suomessa sähkön tuotannosta vastaa noin 120 energiayritystä ja noin 400 voimalaitosta. Voimalaitoksista noin puolet ovat vesivoimalaitoksia joiden avulla pystytään huolehtimaan sähköverkon tehosäädöstä eli tuotannon ja kulutuksen tasapainosta. Vesivoimalaitosten lisäksi säätövoimaa tuodaan muista Pohjoismaista, joissa on helposti säänneltävää vesivoimatuotantoa. (Sähköntuotanto 2016.)

Sähköenergiaa tuottavien voimalaitosten sijoituspaikat määräytyvät pitkälti ympäristötekijöiden mukaan. Suuret lämpövoimalaitokset tarvitsevat toimiakseen lauhdevettä ja lämpöpöviöt on pystyttävä siirtämään ympäristöön siten, että ympäristölle aiheutuu niistä mahdollisimman vähän rasitusta. Vesivoimalaitokset puolestaan on

sijoitettava koskien varsille. Tällaisia vaativia sijoituspaikkoja ei normaalisti löydy sähkön kulutuspisteiden lähettäviltä. Tästä johtuen sähkön tuotanto ja kulutus on yhdistetty toisiinsa sähköverkolla. (Korpinen n.d.)

## 4 Sähköenergian siirto ja jakelu Suomessa

Sähköverkon tehtävänä on kytkeä toisiinsa sähköntuotanto ja – kulutus. Suomessa kaikki merkittävät voimalaitokset ja kuluttajat on yhdistetty yhteiseen verkkoon, jonka pituus on yhteensä noin 405000 km. (Elovaara & Laiho 1988, 29, 35; Hietalahti 2013, 78.)

### 4.1 Sähkövoimajärjestelmä

Suomen sähkövoimajärjestelmään kuuluvat voimalaitokset, kantaverkko, suurjännitteiset jakeluverkot, jakeluverkot ja sähkön kuluttajat. Voimajärjestelmä on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää yhdessä Norjan, Ruotsin ja Itä-Tanskan kanssa. Lisäksi Suomesta on tasasähköyhteydet Venäjälle ja Viroon, joiden avulla pohjoismaiden järjestelmä on yhdistetty Baltian voimajärjestelmään. Yhteispohjoismainen järjestelmä on kytketty myös Keski-Euroopan järjestelmään tasasähköyhteydellä. Yhteydet mahdollistavat sähkön tuonnin ja viennin naapurimaidemme kanssa. Liitteessä 1 nähdään Suomen voimansiirtoverkko. (Suomen sähkövoimajärjestelmä n.d.; Hietalahti 2013, 78.)

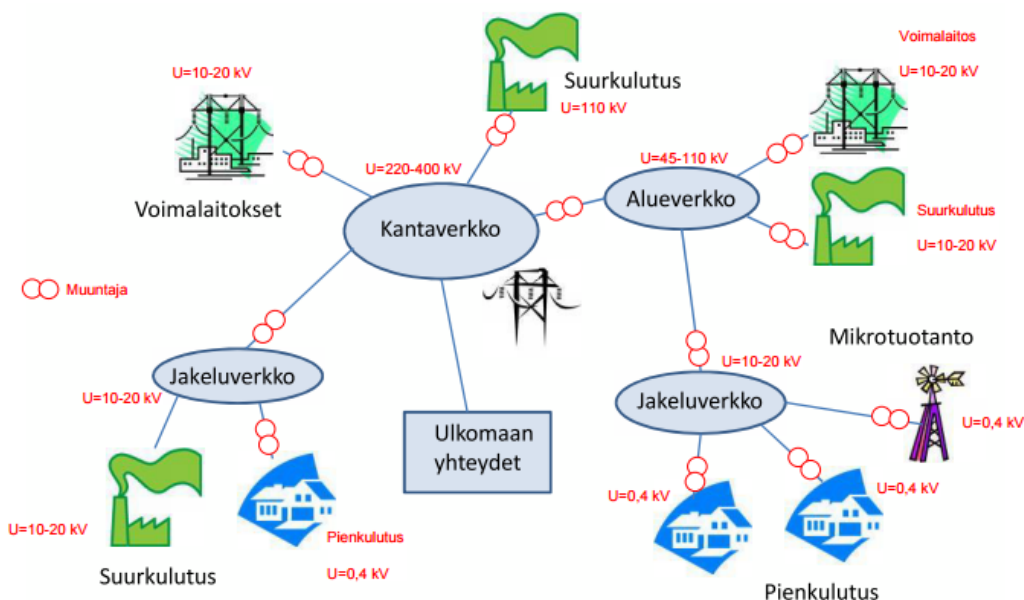
Sähköverkot jaetaan jännitetason perusteella siirto- ja jakeluverkkoihin. Suurjännitteiseen siirtoverkkoon kuuluvat johdot, joiden jännite on 400 kV, 220 kV ja 110 kV. Näistä 400 kV, 220 kV ja merkitsevimmät 110 kV johdot, sekä sähköasemat muodostavat koko Suomen kattavan kantaverkon, jota käytetään kaukovoimansiirtoon. Kantaverkon sähkönsiirrosta, ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa Fingrid Oyj. Suomen kantaverkkoon kuuluu

- 4600 km 400 kV voimajohtoja
- 2200 km 220 kV voimajohtoja
- 7600 km 110 kV voimajohtoja
- 116 sähköasemaa

Kantaverkossa käytetään suuria jännitetasoja, joiden avulla pitkillä siirtoyhteyksillä ja suurilla tehoilla syntyvät häviöt saadaan mahdollisimman pieniksi. (Korpinen n.d.; Suomen sähkövoimajärjestelmä n.d.; Hietalahti 2013, 78.)

110 kV johdot jotka eivät kuulu kantaverkkoon muodostavat yhdessä sähköasemien ja harvinaisten 45 kV ja 30 kV johtojen kanssa eri sähköyhtiöiden omistaman alueverkon. Alueverkon kautta sähköä siirretään kantaverkosta jakeluverkkoon. (Korpinen n.d.)

Jakeluverkon kautta sähkö siirretään keskisuurille ja pienille sähkökäyttäjille. Jakeluverkko jaetaan vielä keski- ja pienjänniteverkkoihin. Keskijänniteverkossa käytetään 20 kV tai 10 kV jännitettä ja pienjänniteverkossa käytetään 1 kV tai 400 V jännitettä. Kuviossa 2 esitetään Suomen sähköjärjestelmän rakenne ja käytetyt jännitetasot. Taulukossa 1 kerrotaan sähköverkon pituudet vuonna 2014. (Korpinen n.d.)



Kuvio 2. Suomen sähköjärjestelmän rakenne (Puttonen 2014.)

Taulukko 1. Sähköverkon pituudet vuonna 2014 (Sähköverkkojen rakenne n.d.)

Verkon tyyppi				
Jännite	Kantaverkko	Suurjännite	Jakeluverkko	Yhteensä

		jakeluverkko		
400 kV	5153 km	-	-	5153 km
220 kV	2225 km	-	-	2225 km
110 kV	7605 km	1630 km	6898 km	16133 km
1-70 kV	-	-	141290 km	141290 km
400 V	-	-	239959 km	239959 km
<b>Yhteensä</b>	14983 km	1630 km	388147 km	<b>404760 km</b>

## 4.2 Sähköverkon komponentit

### 4.2.1 Generaattori

Generaattori tuottaa sähköenergiaa sähköverkkoon voimalaitoksen voimakoneen antamasta mekaanisesta tehosta. Yleisimmin sähköenergian tuotannossa käytetään tahtigeneraattoreita. (Korpinen n.d.)

Tahtigeneraattorin toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Generaattorin roottoria eli napapyörää pyörittää ulkoinen voimakone. Kun roottorin magnetointikäämiin johdetaan liukurenkaiden ja harjojen kautta tasavirta, muodostuu koneeseen magneettivuuo. Kun magneettivuoviivat leikkaavat staattorin käämisauvoja, indusoituu käämitykseen sinimuotoisesti vaihteleva kolmivaiheinen lähdejännite. (Hietalahti, 2013. 46)

Voimalaitosten generaattorit tuottavat noin 3-20 kV jännitteistä sähköenergiaa. Generaattorista saadun sähköenergian jännitetaso nostetaan vaaditulle tasolle teho-  
muuntajan avulla ja syötetään voimansiirto- ja jakeluverkkoon. (Hietalahti, 2013. 46)

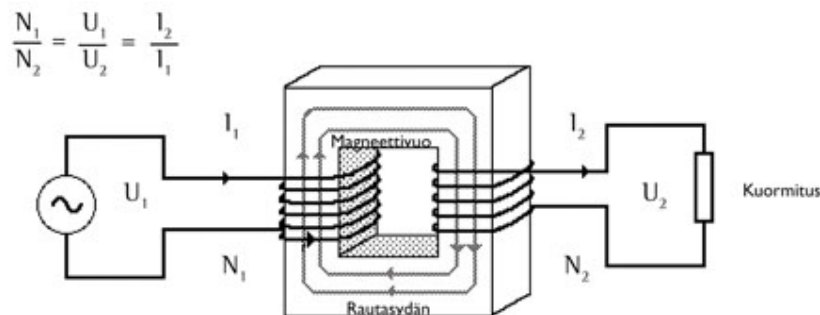
### 4.2.2 Sähköasema

Sähköasemat ovat siirto- tai jakeluverkon kohta, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, muuntaa jännitettä ja jakaa tai keskittää sähköenergian siirtoa eri johdoille. Käyttötarkoituksensa mukaan sähköasemat voidaan luokitella muuntoasemiin ja kytkinlaitoksiin. Muuntoasemalla suoritetaan jännitteen muuntamista yhdellä tai useammalla muuntajalla, joiden avulla voidaan yhdistää eri jännitetasojen johtoja. Kytkinlaitoksen

tarkoituksena taas on yhdistää vain saman jännitetason johtoja. Sähköasema koostuu muuntajien ja kiskostojen lisäksi useista erilaisista kojeista ja laitteista. Tärkeimpiin laitteisiin kuuluvat muuntajat, katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat. Lisäksi suojaustarkoituksissa käytetään mittamuuntajien kautta suurjänniteverkkoon liittyviä releitä ja keski- ja pienjänniteverkoissa myös varokkeita. Laitteiden ylijännitesuojaus toteutetaan venttiilisuojoilla tai kipinäväleillä. (Elovaara & Haarla 2011, 76; Korpinen n.d.; Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet 2004.)

#### 4.2.3 Muuntajat

Muuntajalla tarkoitetaan sähkölaitetta, jolla vaihtojännitettä tai -virtaa voidaan muuntaa eri suuruiseksi. Muuntajien toiminta pohjautuu sähkömagneettiseen induktioon. Kun muuntajan yhteen käämiin kytketään vaihtojännite, muodostuu käämin sisällä olevaan rautasydämeen muuttuva magneettikenttä. Samalla sydämellä on myös toinen käämi, jonka magneettikenttä lävistää, jolloin käämiin indusoituu vaihtojännite. Muuntajan toimintaperiaate on nähtävillä kuviossa 3. (Väärämäki 2004)



Kuvio 3. Muuntajan periaatteellinen toiminta (Väärämäki 2004.)

Suomen sähköverkon voimansiirrossa, jakelussa tai kulutuksessa sähköverkon jännite saadaan sopivaan tasoon tehomuuntajien avulla. (Väärämäki 2004)

Jakelumuuntamoiden avulla sähkön korkeat siirtojännitteet saadaan muunnettua sähkönkäyttäjälle soveltuvaksi 0,4 kV pienjännitteeksi. Jakelumuuntamot sisältävät yhden tai useamman jakelumuuntajan, keskijännitekiskoston, vikavirta- ja ylikuormi-

tussuojauksen, pienjännitelähtöjä ja mahdollisen apujännitejärjestelmän. Jakelumuuntamot ovat rakenteeltaan joko puisto-, kiinteistö-, pylväs- tai satelliittimuuntamoja. Pylväsmuuntamoita käytetään yleisesti vain ilmajohtoverkoissa ja niissä voidaan käyttää vain pieniä, enintään 315 kVA muuntajia. Puisto- ja kiinteistömuuntajat ovat yleisiä taajamaverkoissa ja niiden nimellisteho on yleensä 1000 kVA luokkaa. Pieniä satelliittimuuntamoja käytetään maakaapeliverkoissa ja ne sopivat erityisesti tilanteisiin, joissa taajamaan rakennetun alueen kuormitus kasvaa. Ne ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja muuntajan nimellisteho on 300 kVA luokkaa. (Lakervi & Partanen 2008. 157-158.)

#### 4.2.4 Sähköjohdot

Sähkönsiirrossa käytetään erilaisia sähköjohtoja rakentamistavasta ja jännitetasosta riippuen. Johdot jaetaan asennustapansa perusteella ilmajohtoihin ja kaapeleihin. Ilmajohdot voivat olla avojohtoja tai ilmakaapeleita, jotka ripustetaan ulkoilmaan pylväiden varaa. Kaapelit taas asennetaan sisätiloihin hyllylle, kaapeli kanaviin tai upotetaan maahan tai veteen. (Hietalahti 2013, 78; Korpinen n.d.)

Suurin osa Suomen sähköverkon keskijänniteverkosta ja sitä suurempi jännitteisistä verkoista on rakennettu päällystämättömillä avojohdoilla. Suurin hyöty päällystämättömän avojohdon käyttämisessä on sen edullisimmat rakennuskustannukset. Haittapuolina ovat iso tilantarve ja heikko soveltuvuus muuhun maisemaan. Johdinmateriaalina on terästä, alumiinia ja alumiiniseoksia. Suurilla siirtojännitteillä käytetään niin sanottuja nippujohtimia, joiden avulla saadaan estettyä koronahäviöitä. Nippujohtimessa käytetään kahta tai useampaa samaan vaiheeseen kuuluvaa osajohdinta, jotka on kytketty mekaanisesti toisiinsa erityisillä sidoksilla. (Korpinen n.d.)

Pienjännitejohdoilla avojohdojen tilalle ovat tulleet riippukierrejohtimet. Tunnetuin riippukierrejohdintyyppi on AMKA, jossa polyeteenipäällysteiset vaihejohtimet on kierretty nollajohtimen ympärille. Keskijänniteverkoissa tunnetuin johdintyyppi on päällystetty avojohto eli PAS-johto. PAS-johdossa vaihejohtimen ympärillä on ohut muovieriste, joka estää johtimien yhteen lyönnistä aiheutuvia käyttöhäiriöistä ja johdinvaurioita. (Korpinen n.d.)

Kaapeleita käytetään tilanteissa, jossa sähköenergian siirtoa ei voida toteuttaa avojohdoilla. Esimerkiksi kaupunkien ja muiden taajamien jakeluverkot toteutetaan yleensä maakaapeleilla. Myös vesistöissä käytetään merikaapeleita. Kaapeleissa on yksi tai useampi johdin, johdinsuoja, johdineristin, hohtosuoja, kosketussuoja ja ulkoisia suojakerroksia. Johdinmateriaaleina käytetään alumiinia tai kuparia ja eristysmateriaalina käytetään perinteisesti muovia, kaapelimassaa tai öljyllä imeytettyä paperia. Muovin käyttö eristemateriaalina on kuitenkin kaikista yleisintä. Suurjännitekaapeleissa käytetään eristeenä polyeteeniä eli PE:tä ja pienjännittekaapeleissa eristysaineena käytetään polyvinyylikloridia eli PVC:tä. (Korpinen n.d.)

#### 4.2.5 Sekundäärilaitteet ja -järjestelmät

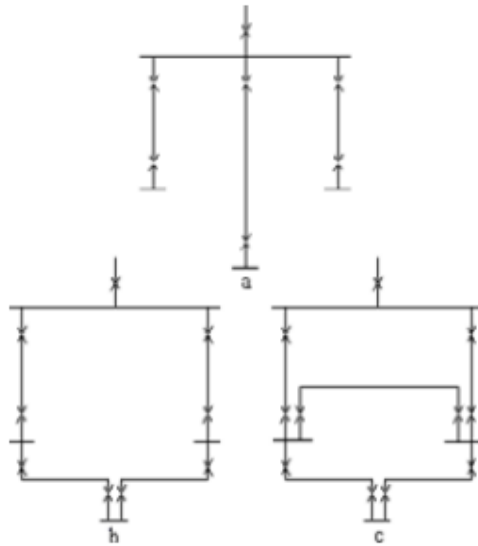
Sähköverkkoon kuuluvat myös sähköasemilla olevat suojareleet ja apujärjestelmät, käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, tiedonsiirto- ja radiopuhelinjärjestelmät ja laajat tietojärjestelmät, kuten verkko- ja asiakastietojärjestelmät. (Puttonen 2014)

### 4.3 Sähköverkon rakenne

#### 4.3.1 Sähköverkon toteutustavat

Sähköverkot voidaan rakentaa avoimina eli säteittäisverkkoina tai suljettuina eli silmukaverkkoina. Säteittäisessä verkossa sähköenergiaa siirretään vain yhtä reittiä ja silmukoidussa verkossa sähköllä on useampi siirtoyhteys. Kuviossa 4 on nähtävillä sähköverkon rakenteita, jossa a) on säteittäisverkko ja b) ja c) ovat silmukaverkkoja. Kuviossa vaakasuorat viivat merkitsevät kulutuspisteitä ja X:t ovat katkaisijoita. (Korpinen n.d.)





Kuvio 4. Sähköverkon eri rakenne vaihtoehdot (Korpinen n.d.)

Siirto- ja keskijänniteverkot rakennetaan yleensä silmukaverkoksi. Myös kantaverkon johtorenkaat pidetään suljettuina. Näin verkon käyttövarmuus paranee, sillä syöttöasemat voivat saada sähköä useampaa tietä eli yhden johdon vioittuminen ei vielä aiheuta sähkökatkoa. Lisäksi silmukaverkossa jännitteenalenema ja tehohäviöt ovat pienempiä kuin säteittäisverkossa. Silmukoidussa rakenteessa kuitenkin joudutaan rakentamaan monimutkaisemmat suojausjärjestelmät ja oikosulkuvirrat kasvavat verrattuna säteittäisverkkoon. Kustannuksien ja oikosulkuvirtojen takia alue- ja keskijänniteverkoissa johtorenkaat pidetään normaalisti auki ja rengasmuotoa käytetään pääasiassa vianetsinnässä ja kytkentöjä muutettaessa. Pienjänniteverkot ovat kaupungeissa yleensä silmukoituja, mutta niitä käytetään säteittäin. Maaseudulla pienjänniteverkot ovat lähes pelkästään säteittäisverkkoja kustannussyiden takia. (Elovaara & Haarla 2011, 57; Korpinen n.d.)

#### 4.3.2 Sähköverkkojärjestelmät

Suomen sähkönjakeluverkoissa on käytössä useita erilaisia jakelujärjestelmiä. Jakelujärjestelmät jaetaan maadoitustavan ja jännitteisten johtimien järjestelmien mukaan. Vaihtosähköllä sähköjärjestelmä voi olla yksi-, kaksi-, tai kolmivaihejärjestelmä ja tasasähköllä käytetään kaksi- tai kolmijohdinjärjestelmää. Useimmissa vaihtosähköjär-

jestelmissä on käytössä maan potentiaalissa oleva virrallinen paluujohdin eli nollajohdin jännitteisten johtimien lisäksi. Tarvittaessa virrallisten johtimien lisäksi käytetään myös suojaukseen tarkoitettua suojajohdinta eli PE-johdinta tai yhdistettyä PEN-johdinta, jossa suojajohdin ja nollajohdin ovat yhdistettynä. Erilaisia jakelujärjestelmien rakenteita kuvataan kirjaintunnusjärjestelmällä, joka on esitettyinä taulukossa 2. (Harsia 2008.)

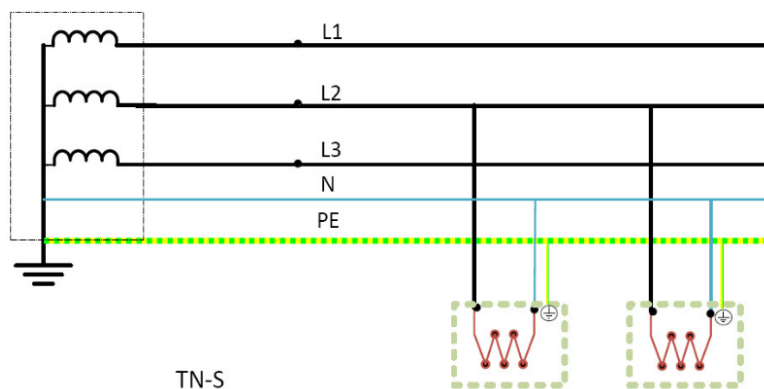
Taulukko 2. Sähkönjakelujärjestelmien kirjaintunnukset (Harsia 2008.)

Sähkönjakelujärjestelmien tunnukset	
1. Kirjain: Jakelujärjestelmän maadoitustapa (Esim. <b>TN-C-S</b> )	<p>T = Yksi piste on yhdistetty suoraan maahan</p> <p>I = Kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta</p>
2. Kirjain: Sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustapa (Esim. <b>TN-C-S</b> )	<p>T = Jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta</p> <p>N = Jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen</p>
3. Lisäkirjaimet (Esim. <b>TN-C-S</b> )	<p>S = Erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet</p> <p>C = Nolla- ja suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty yhteen johtimeen</p>

Liityntäpisteen jakelujärjestelmässä käytetään yleensä jäykästi käyttömaadoitettua TN-järjestelmää tai sen erilaisia muunnelmia. Erilaisia TN-jakelujärjestelmiä ovat TN-S-, TN-C- ja TN-C-S-järjestelmät, joiden erot perustuvat nolla- ja suojamaadoitusjohtimien keskinäiseen järjestelyyn. TN-järjestelmän suurin etu on vikavirran kulkeminen johtavaa yhteyttä pitkin. Johtavan yhteyden ansiosta vikavirrat kasvavat riittävän

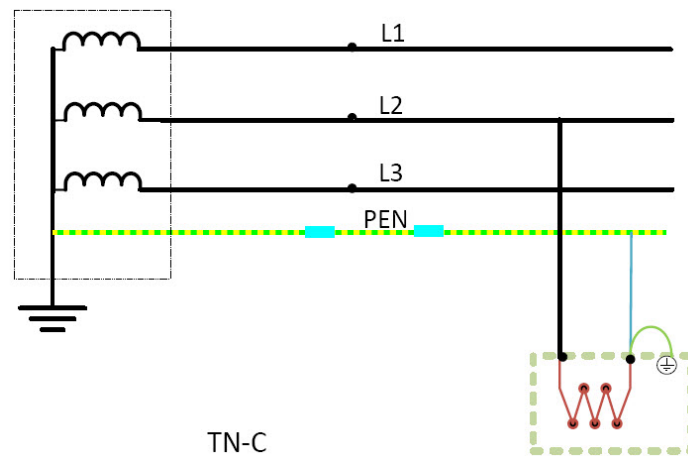
suuriksi syötön nopean poiskytkennän suorittamiseksi ylivirtasuojilla. (Hietalahti 2013, 112-113.)

TN-S järjestelmässä on erillinen suojajohdin ja nollajohdin koko järjestelmässä. Rakennusten sähköasennuksissa nollajohdinta käytetään yleisesti, mutta esimerkiksi teollisuuden moottorikäytöissä ja muissa yliaallottomissa ja symmetrisissä kuormissa voidaan nollajohdin jättää käyttämättä. Kuviosta 5 käy selville TN-S järjestelmän rakenne. (Korpinen n.d.)



Kuvio 5. TN-S-järjestelmä (Harsia 2013.)

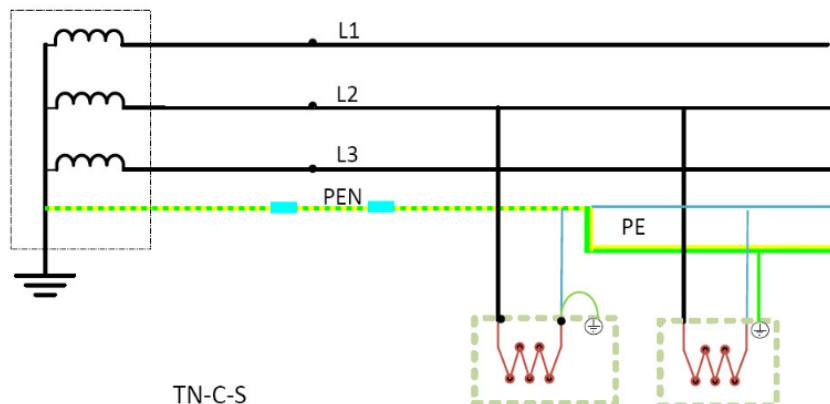
Suomessa pienjännitteisessä jakeluverkossa käytetään yleisesti TN-C-järjestelmää, jonka rakenne on nähtävillä kuviossa 6. TN-C-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimien toiminnot on yhdistetty yhteen PEN-johtimeen koko järjestelmässä. PEN-johdinta käytettiin myös ennen vuotta 1994 kiinteistöjen asennuksissa, mutta nykyään käytetään erillistä PE- ja nollajohdinta kiinteistön liittymästä lähtien. Erilliset johtimet lisäävät verkon turvallisuutta ja estävät häiriöiden syntymistä. (Harsia 2008.)



TN-C

Kuvio 6. TN-C-järjestelmä (Harsia 2013.)

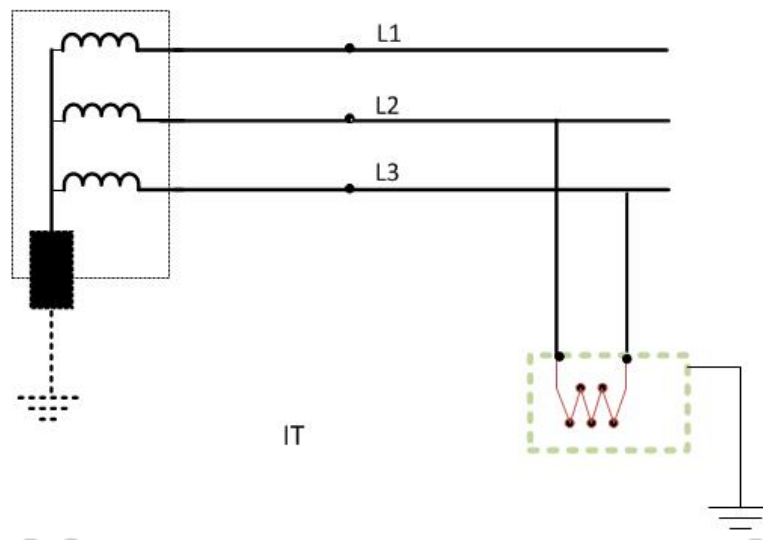
Yleisin Suomessa kuluttaja-asennuksissa oleva järjestelmä on TN-S- ja TN-C-järjestelmien yhdistelmä TN-C-S-järjestelmä. TN-C-S-järjestelmässä nolla- ja suoja- maadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty osassa järjestelmää yhteen johtimeen. Tällaisessa yhdistelmäjärjestelmässä verkon syöttävä puoli on aina TN-C-järjestelmä ja sen jälkeen järjestelmä voidaan muuttaa TN-S-järjestelmäksi. Järjestelmiä ei voida yhdistää toisinpäin, koska toisistaan erotettua nolla- ja suojajohdinta ei saa kytkeä uudelleen yhteen PEN-johtimeksi. TN-C-S-järjestelmän kaavio on esitetty kuviossa 7. (Korpinen n.d.; Hietalahti 2013, 112.)



TN-C-S

Kuvio 7. TN-C-S-järjestelmä (Harsia 2013.)

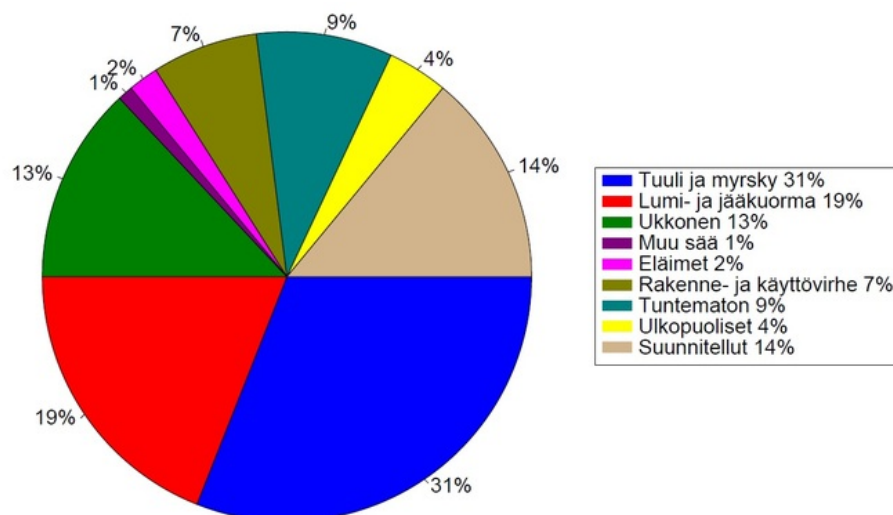
Suomessa on käytössä myös IT-jakelujärjestelmä, jota käytetään sähkön siirrossa ja teollisuusverkoissa. IT-Järjestelmässä kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta tai järjestelmä on kytketty yhdestä pisteestä maahan suuren impedanssin kautta. Sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat maadoitetaan yhdessä tai erikseen erilliseen järjestelmän suojamaadoitukseen. Kuviossa 8 on nähtävillä IT-järjestelmän rakenne. (Harsia 2008; SF5 6000-1-313.)



Kuvio 8. IT-järjestelmä (Harsia 2013.)

#### 4.4 Sähköverkon häiriöt ja ongelmat

Sähkökatkoja aiheuttavat tekniset viat ja luonnontapahtumat. Erityisesti sää aiheuttaa sähköverkoille riskejä, kuten johdoille kaatuvat puut, salamet, lumi- ja jääkuorma, tulvat ja kova pakkanen. Luonto vaikuttaa myös sähkökatkojen pituuteen ja laajuuteen oleellisesti, koska vikoja voi esiintyä paljon yhtä aikaa ja korjaustyöt ovat hankalia. Teknisistä vioista johtuvat keskeytykset ovat yleensä varsin lyhyitä ja pieniä, sillä vika-alue pystytään eristämään muusta verkosta. Kuviossa 9 on nähtävillä vuonna 2014 syntyneiden sähkökatkojen syyt. (Yleistietoa häiriöistä 2014.)



Kuvio 9. Sähkökatkoja aiheuttaneet ilmiöt vuonna 2014 (Yleistietoa häiriöistä 2014.)

Suomen jakeluverkon haavoittuvuin osa on tällä hetkellä keskijänniteverkko. Suurin osa asiakkaille syntyvistä sähkönjakelun keskeytyksistä johtuu keskijänniteverkon ilmajohtoihin kohdistuvista häiriöistä. Suomessa on 140 000 km keskijänniteverkkoa, josta noin 90 % on vielä rakenteeltaan ilmajohtoa. Ilmajohdot ovat erityisen alttiita säästä aiheutuville häiriöille, kuten ukkosille ja myrskyille. Nämä häiriötekijät voivat aiheuttaa johtorakenteen tuhoutumisen, joka pahimmillaan saa aikaan suurhäiriön jakeluverkossa ja erittäin pitkän keskeytyksen sähkön jakelussa. Myös ilmastomuutoksen arvellaan lisäävän ilmajohtojen vikaherkkyyttä nykyisestä 1,5-kertaiseksi. Ilmajohdojen rakentamisessa käytettävät pylväävät ovat ikääntymässä ja niiden kyllästysaineiden käytölle on asetettu rajoituksia. Lisäksi ilmajohtojen tarvitsemien johtokatu-  
jen saatavuutta vähennetään maisema-arvojen korostuessa. (Kumpulainen, Laakso-  
nen, Komulainen, Martikainen, Lehtonen, Heine, Silvast, Imris, Partanen, Lassila, Kai-  
pia, Viljainen, Verho, Järventausta, Kivikko, Kauhaniemi, Lågland & Saaristo 2006, 77–  
78.)

Maaseutuverkon puutteet keskittyvät nimenomaan ilmajohtoihin liittyviin ongelmiin eli niiden vika-alttiuteen ja johtopylväiden vanhenemiseen. Taajama-alueella verkon ongelmiksi syntyvät kuormituksen kasvusta aiheutuva tarve parantaa siirtokykyä, jäähdytyskuorman kasvu, tilankäyttö ja muut ympäristövaikutukset. Taajamaverkko uusiutuu paljon kasvavan kuorman seurauksena. Tämän takia haja-asutusalueiden

verkoissa oleva laajamittainen uudistamisen tarve sijoittuu taajamaverkossa myöhempään. (Mts. 11–12.)

Alueverkot ovat yleisesti nähtynä hyvässä kunnossa ja niihin ei kohdistu suuria ajan-kohtaisia paineita, lukuun ottamatta ulkoisia paineita verkon johtoja ja muita rakenteita kohtaan. Johdot ja sähköasemat ovat osoittautuneet luotettaviksi, mutta päämuuntajien ikääntyminen kasvattaa riskejä. Ympäristökysymyksien ja maankäytön ongelmat vaikeuttavat uusien johtoyhteyksien rakentamista. (Mts. 12.)

#### 4.5 Tulevaisuuden näkymät

Tulevaisuudessa sähköjakeluverkkojen tilastollista luotettavuutta pyritään parantamaan ja suurhäiriöalttiutta pyritään vähentämään. Keskeisimpiin uusiin verkkonkehittämismenetelmiin kuuluu (Kumpulainen ym. 2006, 34, 77.)

- kevyet 110/20 kV sähköasemat
- kevyt 110 kV johto
- kaapelointi (Keski- ja pienjänniteverkot)
- päällystetyt avojohdot (PAS-johdot)
- 1000 V sähköjakelu
- tienvarteen rakentaminen
- hajautettu suojaus (pylväskatkaisijat)
- kauko-ohjattavat erottimet
- varayhteydet
- valvomoautomaatio
- maasulkuvirtojen sammutus
- varavoima
- microgrid-verkot
- yhteistyö

Sähköjakeluverkkojen luotettavuuden parantaminen vaatii investointeja, mutta samalla verkkoliiketoimintaan kohdistuu kustannustehokkuusvaatimuksia. Tulevaisuudessa myös ympäristönäkökohdat ja hajautettu sähköntuotanto asettavat verkoille enemmän vaatimuksia. (Mts. 77.)

#### 4.5.1 Haja-asutusalueen jakeluverkon tulevaisuus

Tulevaisuudessa haja-asutusalueen verkoissa käytössä olevat vika-alttiit avojohdot tullaan korvaamaan kaapeleilla. Kaapelointia tukee erityisesti pyrkimys vähentää ympäristöolosuhteista johtuvia suurhäiriöitä. Lisäksi kaapelien ja kaapelointitekniikoiden kehittyminen puoltavat kaapeleiden käyttöä haja-asutusalueiden verkkojen saneeraus- ja luotettavuuden parantamisessa. Tämä koskee niin keski- kuin pienjänniteverkkoja. Keskijänniteverkon kaapelointi kuitenkin kasvattaa merkitsevästi maasulkuvirtoja, jonka seurauksena maasulkuvirran kompensointiin ja maasulkusuojausratkaisuihin joudutaan kiinnittämään enemmän huomiota. (Kumpulainen ym. 2006, 78.)

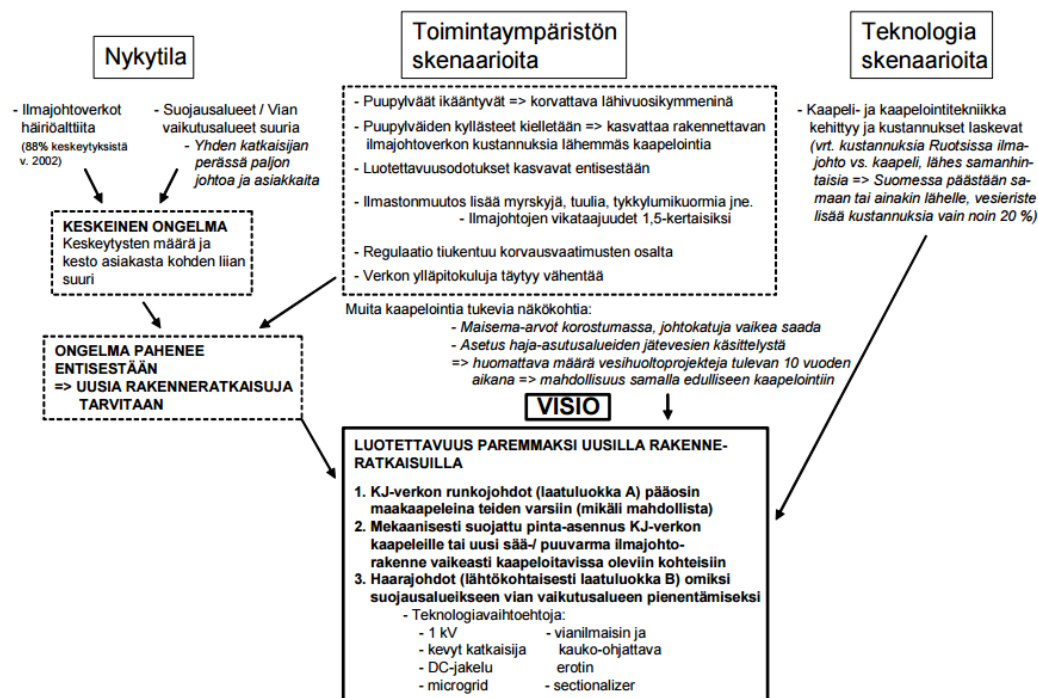
Erityisesti keskijänniteverkon runkojohtojen kaapelointi nähdään ratkaisuna verkon suurhäiriöihin. Kaapelireittien rakentamisessa voidaan käyttää tiealueita, joka pienentää asennuskustannuksia ja nopeuttaa vikakorjausta. Kaapeleilla on kuitenkin pitkät viankorjausajat, joten kaapeliosuudet tulisi pääosin varmentaa rengasyhteyksin. (Mts. 78.)

Suomessa on paljon alueita, joissa kaapelointia on vaikea toteuttaa. Näillä alueilla ratkaisuksi voi osoittautua kaapelin mekaanisesti suojattu pinta-asennus tai sää- ja puuvarma uusi ilmajohtorakenne. Myös PAS-johdoille saattaa jäädä oma käyttöalueensa, mutta suurhäiriöitä ajatellen PAS-johto on todella riskialtis. (Mts. 78.)

Haja-asutusalueilla ongelmaksi on tullut myös suuret suojausalueet. Vikojen sattuessa ongelma leviää siis hyvin laajalle. Vikojen vaikutusalueita voidaan pienentää kevyiden sähköasemien, kevyen siirtojohtorakenteen ja välikatkaisijoiden avulla. (Mts. 78.)

Keskeytysaikoja saataisiin merkittävästi lyhennettyä haarajohdon alkuun sijoitettavalla vianilmaisimen ja kauko-ohjattavan erottimen yhdistelmällä. Haarajohtojen luotettavuutta saataisiin myös parannettua, jos haarajohdot saataisiin omiksi suojausalueikseen. Suojausalueet voidaan toteuttaa 1 kV tekniikalla, haarajohdon kevytkatkaisijalla, microgrid tai tasajännitejakelulla. Kuviossa 10 on kaavio haja-asutusalueiden verkonrakenteeseen liittyvistä kehitystarpeista. (Mts. 78-79.)





Kuvio 10. Haja-asutusalueen sähköverkon kehitystarpeet (Mts. 79.)

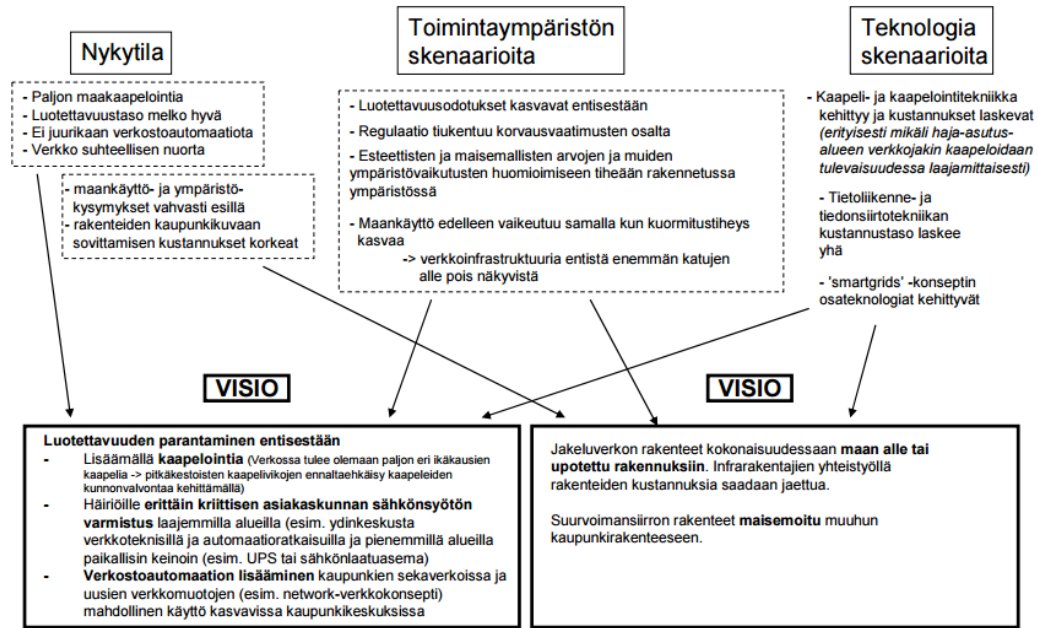
#### 4.5.2 Kaupunki- ja alueverkkojen tulevaisuus

Kaupunki- ja alueverkoissa ei esiinny yhtä mittavia ongelmia kuin maaseutujen ilma-johtoverkoissa, mutta luotettavuuskysymykset ovat silti iso ongelma. Helpoiten luotettavuutta voidaan parantaa lisäämällä verkostoautomaatiota. Ydinkeskustojen alueilla luotettavuusodotukset ovat erityisen korkealla, jota voidaan entisestään parantaa tehoelektroniikalla, hajautetulla sähköntuotannolla ja energiavarastojen avulla. (Kumpulainen ym. 2006, 82.)

Alueverkkojen suurin riski on useaa sähköasemaa syöttävän 110 kV haarajohdon mahdollinen vikaantuminen. Tätä mahdollista vikaantumista tulee tarkastella, kun suunnitellaan keskijänniteverkon puoleista sähköasemien varmentamista. Alueverkot ovat kuitenkin yleisesti käyttövarmoja ja riskit pieniä. (Mts. 83.)

Kaapeliverkkoa rakennettaessa kaupunkiin suurin osa rakentamiskustannuksista on rakenteellisia kustannuksia. Rakennusratkaisujen kehittäminen onkin yksi kaapeliverk-

kojen tärkeimmistä kehittämiskohteista. Esimerkiksi yhteisrakentaminen muun infrastruktuurin kanssa auttaa pienentämään kustannuksia. Kuviossa 11 on kaavio kaupunkialueiden verkonrakenteeseen liittyvistä kehitystarpeista. (Mts. 83.)



Kuvio 11. Kaupunkialueen sähköverkon kehitystarpeet (Mts. 84.)

## 5 Sähkön käyttö

### 5.1 Kiinteistöverkot

Kiinteistöverkoilla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka koostuu kiinteistöjen ja tilojen sähkön jakelusta, ohjauksesta ja valaistuksesta. Sähköenergian tarkoituksenmukainen ja turvallinen jakaminen vaatii sähköasennusjärjestelmän, joka sisältää johtoja, keskuksia suojalaitteineen, kojeita ja erilaisia asennustarvikkeita. Lisäksi sähkön ja laitteiden tarkoituksenmukainen ja taloudellinen käyttö edellyttää, että rakennuksissa on ohjausjärjestelmä, käyttöliittymiä ja mittaus- ja säätölaitteita. Rakennuksissa on nykyisin myös omaa energian mikrotuotantoa, jota käytetään hyödyksi omassa sähköverkossa. (Hietalahti 2013, 113.)

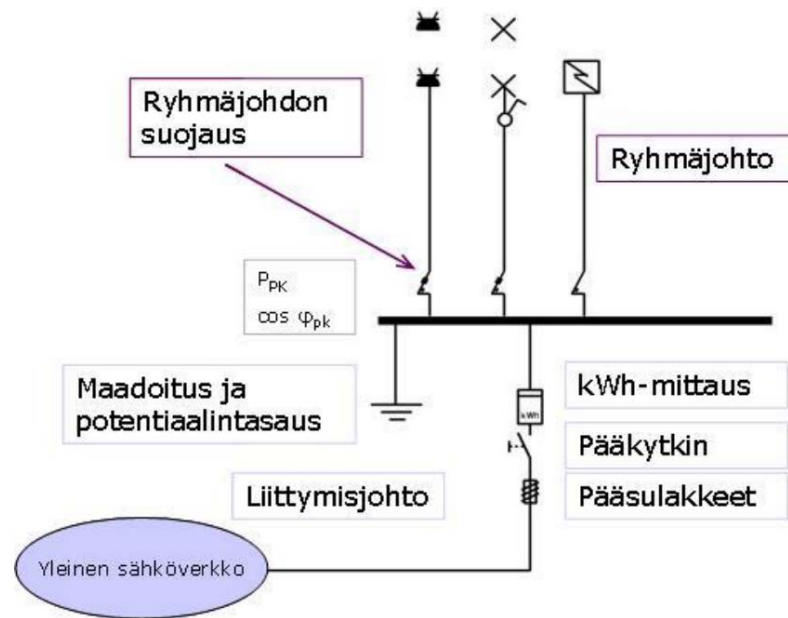
### 5.1.1 Liittyminen verkkoon

Keskisuuret ja pienet kiinteistöt liittyvät yleiseen sähkönjakelujärjestelmään 0,4 kV pienjännitteellä. Teollisuuslaitoksien ja suurien kiinteistöjen on taloudellisempaa liittyä suoraan suurjännitteiseen jakeluverkkoon, jolloin niillä on omia muuntajia. Liityntä kohta on aina paikallisen jakeluverkkoyhtiön sähköverkkoon, jolla on monopoli oman toimialueensa sähköliittymiin ja sähköenergian siirtoon. Sähköenergian voi kuitenkin ostaa keneltä sähköenergian myyjältä tahansa. (Hietalahti 2013, 113; Rantala 2016.)

Jakeluverkkoyhtiö toimittaa sähköliittymän joko tontin rajalle, tontilla olevaan pylväeseen, rakennuksen seinälle tai pääkeskukseen. Sähköliittymä toimii jakeluverkkoyhtiön ja kiinteistön välisenä solmupisteenä. Sähkøyhtiö vastaa sähköverkon toiminnasta ja osista syötön puolelta liittymiskohtaan asti ja siitä alkavasta kiinteistön sisäisestä jakelusta vastaa asiakas. (Hietalahti 2013, 114; Rantala 2016.)

### 5.1.2 Kiinteistöverkon rakenne

Kiinteistöjen sähköverkossa on aina vähintään pääkeskus, johon tuleva liittymisjohto yhdistää kiinteistön sähköverkon osaksi yleistä sähkönjakeluverkkoa. Pääkeskuksen lisäksi kiinteistössä voi olla jako-, ryhmä- ja mittauskeskuksia, ryhmä-, pää- ja nousujohtoja, kulutuskojeita ja -pisteitä, maadoituksia ja potentiaalintasauksia. Kiinteistön sähköverkon rakenne on yleensä puumainen ja jokaisella keskuksella on oma jakelualueensa. Kuviossa 12 on nähtävillä pienen kiinteistön periaatteellinen sähköverkko. (Hietalahti 2013, 114; Rantala 2016.)



Kuvio 12. Pienen kiinteistön sähköverkon rakenne (Rantala 2016.)

Kiinteistöjen pääkeskuksista löytyvät vähintään (Hietalahti 2013, 114–115.)

- pääsulakkeet
- pääkytkin
- energiamittauksia
- suojia

Pääsulakkeet suojaavat liittymisjohtoa ylikuormitukselta ja määrittelevät tehon, joka kiinteistöllä voi olla yhtäaikaaisesti kytkettynä sähköverkkoon. Pääsulakkeiden koon mukaan, myös määräytyy yleensä sähköliittymän liittymismaksu. (Hietalahti 2013, 114–115.)

Pääkytkimen avulla koko kiinteistön sähköverkko voidaan kytkeä irti muusta sähköverkosta esimerkiksi huolto- ja hätätilanteissa. Kiinteistön sähköverkossa voi olla pääkytkimen lisäksi myös muita kytkimiä, joiden avulla tietty osa sähköverkosta saadaan tarvittaessa erotettua jännitteettömäksi. (Hietalahti 2013, 115.)

Energiamittaus toteutetaan energiamittarilla, jonka avulla sähkönkulutus voidaan mitata tunneittain. Energiamittauksesta vastaa verkkoyhtiö. (Hietalahti 2013, 115; Tuntimittaus ja etäluentaa, n.d.)

Pääkeskuksessa sijaitsevat sulakkeet, johdonsuojakatkaisijat ja katkaisijat toimivat keskukselta lähtevien johtolähtöjen suojina. (Hietalahti 2013, 115.)

### 5.1.3 Kiinteistöverkon suojaus

Sähköasennusten tulee olla turvallisia sekä normaalissa käyttötilanteessa ja vikatilanteessa. Asennuksien on siis oltava sekä perussuojattuja että vikasuojattuja. Perussuojaus toteutetaan yleisesti suojaamalla, koteloimalla ja eristämällä laitteet ja asennukset. Vikasuojauksessa käytetään yleensä suojaeristystä ja automaattista poiskytkentää. Automaattisessa poiskytkennässä laitteiden jännitteelle alttiit osat on kytketty suojamaadoitusjohtimeen ja toimiakseen se vaatii keskuksessa olevien suojalaitteiden nopean toiminnan vian tapahtuessa. Suojalaitteina käytetään sulakkeita ja johdonsuojakatkaisijoita. (Hietalahti 2013, 121.)

Sähköverkon suojaus on toteutettava niin, ettei ylivirta aiheuta vaaraa verkossa. Suojauksen toiminnasta todetaan SFS 6000-4-43 standardissa seuraavaa (SFS 6000-4-43, 430.3.):

*On käytettävä suojalaitteita poiskytkemään piirin johtimissa esiintyvää ylivirta ennen kuin ylivirran aiheuttamat termiset tai mekaaniset ilmiöt voivat aiheuttaa vaaraa vahingoittamalla eristystä, jatkoksia, liittimiä tai johtimia ympäröiviä materiaaleja.*

## 5.2 Teollisuusverkot

Teollisuusverkolla tarkoitetaan teollisuusyhtiön hallussa olevaa verkkoa, jossa suurin osa verkon sähkönkäytöstä kuluu teollisuusyhtiön sähkönkäytössä. (Määritelmiä n.d.)

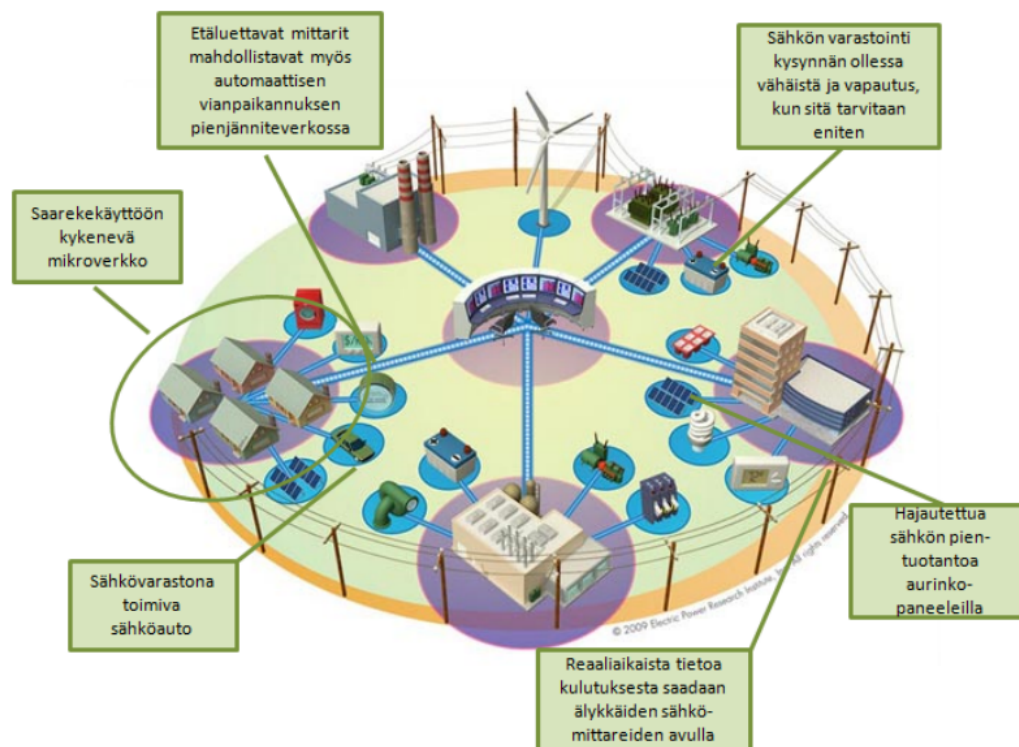
Teollisuussähkönjakelujärjestelmä sisältää liittynän yleiseen sähköverkkoon, keskijännitejakelua ja kulutuskohteille tarkoitetun käyttöjakelun. Liitteessä 2 on esitettyä esimerkki teollisuusverkon rakenteesta ja kuormalaitteista. Teollisuusverkko liittyy yleiseen sähköverkkoon tyypillisesti 110 kV, 20 kV, 10 kV tai 0,4 kV jännitetasolla. Suuret teollisuuslaitokset liittyvät yleensä 110 kV jännitetasolla ja voivat tuottaa osan tarvitsemastaan sähköenergiasta omilla voimalaitoksillaan. Keskisuuret ja pienet laitokset yhdistyvät tavallisesti 20 kV tai 0,4 kV jännitetasolla. (Hietalahti 2013, 123; Korpinen n.d.)

Käyttöjakelujärjestelmään kuuluvat tyypillisesti prosessijakelu, huolto- ja valaistus-sähköverkko ja apusähköjärjestelmät. Enintään 1000 V jakelujärjestelmässä käytetään yleensä jäykästi maadoitettua TN-S-järjestelmää tai yhdestä pisteestä suuren impedanssina kautta maahan kytkettyä IT-järjestelmää. IT-järjestelmän käyttö on mahdollista, jos jakelu kohdistuu saman haltijan kulutuslaitteisiin. (Hietalahti 2013, 123–125.)

Teollisuusverkossa käytetään yleisesti säteittäistä jakeluverkkoa. Sen avulla voidaan rajoittaa oikosulkuvirtoja ja suojausjärjestelmän toimiminen on helpompaa. Mikäli verkon toimintaa halutaan varmentaa, käytetään verkossa silmukoitua rakennetta ja kaksoiskiskostoilla varustettuja keskuksia. (Hietalahti 2013, 123)

## 6 Älyverkko

Älyverkolla tarkoitetaan älykästä sähköjärjestelmää, jonka avulla voidaan tarkkailla sähkön virtaamista ja optimoida sähkön kulutusta ja tuotantoa. Älyverkkojen avulla voidaan parantaa sähkön toimitusvarmuutta, luoda yrityksille uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja lisätä asiakkaiden mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoille. Kuviossa 13 on esitettyä esimerkki älykkään sähköverkon rakenteesta. (Älyverkot n.d.; Kysymyksiä ja vastauksia älykkäästä sähköjärjestelmästä n.d.)



Kuvio 13. Esimerkki älykkäästä sähköverkosta (Älykkäät sähköverkot 2010.)

Lisääntynyt uusiutuvan, sään mukaan vaihtelevan sähköenergian sähköntuotanto muuttaa sähköjärjestelmän ja sähkömarkkinoiden toimintalogiikkaa. Lisäämällä verkon älykkyyttä sähköjärjestelmä saadaan kuitenkin kustannustehokkaasti sopeutumaan muutokseen. (Älyverkot n.d.)

Sähkön tuotannon ja kulutuksen on oltava koko ajan tasapainossa. Nykyisin tuotantoa säädetään vastaamaan kulutusta, mutta tulevaisuudessa myös kulutusta joudutaan säätämään aikaisempaa enemmän. Automaatiikan ja eri osapuolten tehokkaan tiedonvaihdon ansiosta sähkön hajautetuista tuotanto-, kulutus-, ja varastointiresursseista koostuvaa kokonaisuutta voidaan hallita. (Kysymyksiä ja vastauksia älykkäästä sähköjärjestelmästä n.d.)

Älykkään sähköjärjestelmän avulla sähkönkuluttajalla on enemmän vaikutusmahdollisuuksia ja mahdollisuus osallistua nykyistä helpommin sähkömarkkinoille. Asiakas pystyy vaikuttamaan paremmin sähkönkulutuksen kokonaiskustannuksiin ja tekemään arvovalintoja energian käytössä. (Kysymyksiä ja vastauksia älykkäästä sähköjärjestelmästä n.d.)

## 7 Verkko-opintojakso

### 7.1 Opintojakson tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella toisen asteen opiskelijoille sähkönsiirtoa ja sähköalaa esittelevä verkko-opintojakso. Verkko-opintojakso on suunnattu lähtökohteisesti lukioissa opiskeleville ja sen avulla pyritään herättämään mielenkiintoa sähköalan opiskelua kohtaan. Opintojakso on osa Omalle polulle korkeakouluun -hanketta, jonka tarkoituksena on antaa opiskelijoille mahdollisuus tutustua jatko-opintomahdollisuuksiin ja korkeakoulussa opiskeluun jo lukio-opintojen aikana (Keski-Suomen verkkokurssitarjotin n.d.).

### 7.2 Opintojakson tavoitteet

Verkko-opintojakson tavoitteena on, että opintojakson suoritettuaan opiskelija

- tuntee Suomen sähköverkon rakenteen
- ymmärtää Suomen sähkönsiirrosta yleisellä tasolla
- tunnistaa sähköverkon komponentit
- tietää sähköverkon vikatilanteista ja vikatilanteiden aiheuttajista
- tietää sähköalasta ja sen mahdollistamista työpaikoista
- tutustuu Jyväskylän ammattikorkeakouluun ja sähköalan opiskeluun

Tavoitteet asetettiin siten, että ne tukevat mahdollisimman paljon opintojakson sisältöä ja opiskelijalla on mahdollisuus saavuttaa ne suoritettuaan opintojakson. Tavoitteiden saavuttamista seurataan päiväkirjan avulla, johon opiskelija kirjaa opintojakson aikana tehdyt tehtävät, käytetyt työtunnit ja opitut asia.

### 7.3 Opintojakson valmistelu

Opintojakson suunnittelua varten suoritettiin lukion pitkän fysiikan opiskelijoille kysely, jossa selvitettiin opiskelijoiden halukkuutta valinnaiselle verkko-opintojaksolle, innokkuutta jatkaa opintoja korkeakoulussa, mielipidettä opintojakson sisältöön liit-



tyen ja tämän hetkinen ymmärrys sähkönsiirtoon liittyen. Kysely suoritettiin Jyväskylässä Schildtin lukiossa, jossa kyselyyn vastasi kaksi pitkää fysiikkaa opiskelevaa luokkaa eli yhteensä 34 opiskelijaa. Opiskelijat olivat toisen vuoden opiskelijoita. Kysely on nähtävillä liitteessä 3. Kyselyyn valittujen monivalintakysymysten avulla haluttiin herättää opiskelijan mielenkiintoa ja samalla kartoittaa opiskelijan tietoa sähköalasta. Jatko-opintoihin liittyvillä kysymyksillä selvitettiin opiskelijan kiinnostusta Jyväskylän ammattikorkeakoulua ja tekniikan alaa kohtaan. Verkko-opintojakson ja sen sisältöön liittyvillä kysymyksillä selvitettiin opiskelijoiden halukkuutta suorittaa sähkönsiirtoon liittyvää verkko-opintojaksoa ja mielipidettä opintojakson sisältöön liittyen. Lisäksi toisen asteen opiskelijoiden lähtötilanteen kartoittamiseksi haastateltiin pitkän fysiikan opettajaa.

Kyselyn monivalintatehtäviin opiskelijat vastasivat oikein 53 % tarkkuudella. Opiskelijoista 15 % oli kiinnostunut jatko-opinnoista ammattikorkeakoulussa ja 29 % eivät nähneet ammattikorkeakoulua houkuttelevana vaihtoehtona. Loput vastanneista eivät vielä tieneet mielipidettään ammattikorkeakoulussa opiskelua kohtaan. 21 % pitkän fysiikan opiskelijoista oli kiinnostunut osallistumaan vapaavalintaiselle verkko-opintojaksolle, jossa tutustutaan sähkönsiirtoon ja sähköalaan. 29 % opiskelijoista ei ollut kiinnostuneita opintojaksosta ja loput eivät vielä tieneet mielipidettään. Opiskelijat halusivat opintojakson sisältävän videoita sähkönsiirrosta ja -jakelusta, tietoa älyverkoista, monivalintatehtäviä, tietoa sähköverkon tulevaisuudesta, sähköinsinöörin haastatteluja, tietoa sähköverkon komponenteista ja kuvaustehtävän. Kyselyn vastauksien perusteella pitkän fysiikan opiskelijoilla olisi kiinnostusta verkko-opintojaksoa ja korkeakoulu opiskelua kohtaan. Paremman tuloksen saamiseksi tulisi kuitenkin suorittaa kysely useammassa lukiossa ja isommalle määrälle opiskelijoita. Tämän opinnäytetyön aikana se ei kuitenkaan ollut mahdollista.

Lukiossa pitkän fysiikan kursseilla käydään kaksi sähköön liittyvää kurssia. Nämä kurssit käsittelevät sähkömagnetismia, tasa- ja vaihtosähköä, erilaisia virtapiirejä ja sähköenergiaa. Kurssien sisältö keskittyy sähköilmiöiden teoreettiseen tarkasteluun ja laskelmoimiseen. Sähkönsiirtoon liittyen käydään lävitse sähköverkon rakennetta, verkon komponenttien toimintaa ja sähkölaitteiden suojausta. Sähkönsiirtoon ei kuitenkaan keskitytä opinnoissa huomattavasti. (Pollari 2017)

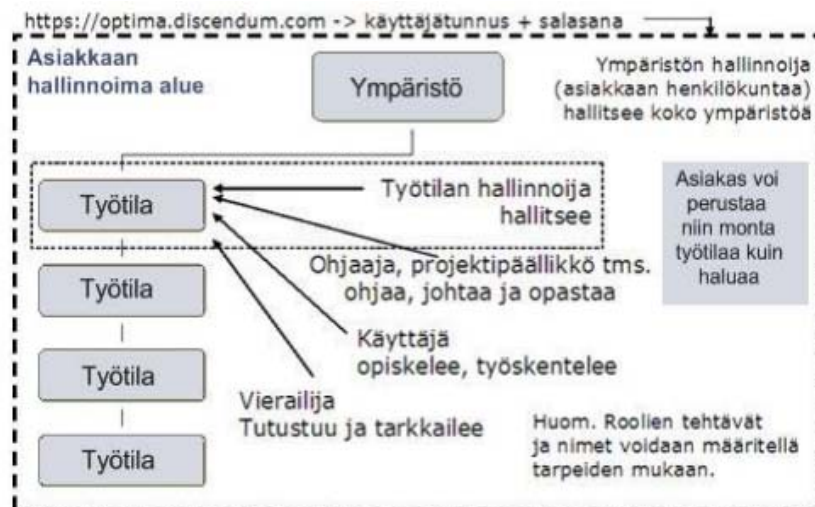
Haastattelun ja kyselyiden avulla saatiin kokonaiskuva toisen asteen opiskelijoiden tiedoista sähkönsiirtoon ja sähköalaan liittyen. Lisäksi saatiin lähtötiedot opintojakson sisällön suunnittelua varten.

Verkko-opintojakso toteutetaan Optima verkko-oppimisympäristössä. Opintojaksoa varten tehtiin Optima-ympäristöön uusi työtila, jonne opintojaksoa varten tuotetut materiaalit ja tehtävät kasattiin.

### 7.3.1 Optima oppimisympäristö

Optima on Discendum Oy:n kehittämä ja ylläpitämä internetin kautta tarjottava verkkotoimintaympäristö, jonka avulla voidaan toteuttaa erilaisia projekti- ja koulutus-hankkeita. (Optima opas käyttäjälle, 2015)

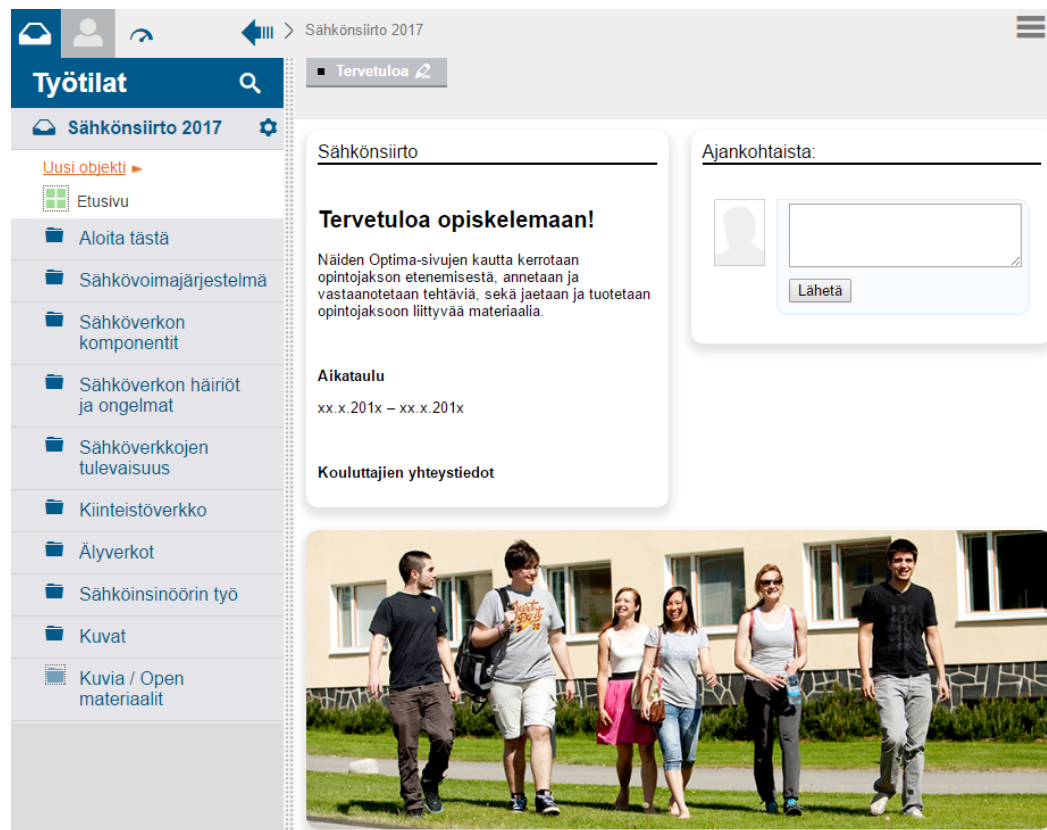
Asiakasorganisaatio saa käyttöönsä oman Optima-ympäristön, jota se voi muokata ja hallinnoida omien tarpeidensa mukaan. Verkkotoimintaympäristön hallinnoinnista vastaava henkilö voi luoda käyttäjätunnuksia, jotka oikeuttavat ympäristön käyttöön. Vastaava henkilö voi myös luoda ympäristön sisälle erilaisia työtiloja, esimerkiksi projekteja, kursseja tai muita hankkeita varten. Kuviossa 14 on esitettyä Optima-ympäristössä toimivien käyttäjien erilaisia rooleja. (Optima opas käyttäjälle, 2015.)



Kuvio 14. Rooleja Optima-ympäristössä (Optima opas käyttäjälle, 2015.)

### 7.3.2 Toteutussuunnitelma

Verkko-opintojakso tulee suoritettavaksi täysin virtuaalisesti. Opiskelija tutustuu verkkomateriaaliin ja suorittaa sen pohjalta annetut tehtävät. Kuviossa 15 on nähtävillä Optima ympäristöön luotu työtila, josta selviää opintojakson rakenne.



Kuvio 15. Optima ympäristöön luotu työtila verkko-opintojaksoa varten

Opintojakso sisältää seitsemän kokonaisuutta, joista jokainen käsittelee tiettyä sähkösiirtoon liittyvää aihealuetta. Aihealueita ovat sähkövoimajärjestelmä, sähköverkon komponentit, sähköverkon häiriöt ja ongelmat, sähköverkkojen tulevaisuus, kiinteistöverkko, älyverkot ja sähköinsinöörin työ. Verkko-opintojakson sisältö valittiin lukion opiskelijoiden mielipiteiden, omien kokemusten ja aihetta käsittelevien materiaalien perusteella.

Verkko-opintojakso on laajuudeltaan 1,5 opintopistettä, joka vastaa 40,5 työtuntia. Työtunnit jakaantuvat taulukossa 3 olevan suunnitelman mukaan. Laajuuteen vaikutti työhön annettu ohjeistus, jonka mukaan opintojakson tulisi olla 1-2 opintopisteen arvoinen.

Taulukko 3. Verkko-opintojakson työtunnit suunnitelma

Aihealue	Työtunnit
Sähkövoimajärjestelmä	5
Sähköverkon komponentit	10
Sähköverkon häiriöt ja ongelmat	5
Sähköverkkojen tulevaisuus	5
Kiinteistöverkko	6
Älyverkko	5
Sähköinsinöörin työ	5

### 7.3.3 Opintojakson materiaali

Opintojakson materiaalia valittaessa otettiin huomioon opintojaksolle osallistuvien opiskelijoiden lähtökohdat. Koska opintojakso on suunnattu lukiolaisille, valittiin materiaaleiksi mielenkiintoisia ja yleisesti sähkönsiirtoa käsitteleviä aiheita.

Verkko-opintojakson materiaali koostuu diasarjoista, kuvista, videoista, sähkönsiirtoon liittyvistä verkkosivuista ja erilaisista tehtävistä. Opintojakson verkko-opetus materiaalin pohjana käytetään tämän opinnäytetyön teoria osuutta.

### 7.3.4 Harjoitteet

Verkko-opintojakson harjoitteet koostuvat erilaisista selvitys-, monivalinta-, sanaselitys- ja kuvaustehtävistä. Lisäksi opiskelija kirjaa Optima työtilasta löytyvään päiväkirjaan tehdyt tehtävät, opitut asiat ja käytetyt työtunnit jokaisen aihealueen jälkeen. Opintojaksoa varten suunniteltiin muutama mallitehtävä, jotka ovat nähtävillä liitteessä 4. Taulukossa 4 on esitettyä suunnitelma, josta selviää jokaiseen aihealueeseen liittyvät harjoitteet.

Taulukko 4. Verkko-opintojakson harjoitteiden suunnitelma

Aihealue	Harjoitteet
Sähkövoimajärjestelmä	- Selvitystehtävä Fingridin sivuilta
Sähköverkon komponentit	- Selitä sähköverkon komponenttien tehtävä sähkönsiirrossa - Kuvaustehtävä (sähköverkon komponentit)
Sähköverkon häiriöt ja ongelmat	- Selvitystehtävä Energiateollisuuden sivuilta
Sähköverkkojen tulevaisuus	- Monivalintatehtävä
Kiinteistöverkko	- Kuvaustehtävä (oman kodin pää- ja ryhmäkeskus) - Selitä pää- ja ryhmäkeskuksen komponenttien tehtävä
Älyverkot	- Monivalintatehtävä - Sanaselitystehtävä
Sähköinsinöörin työ	- Selvitä sähköinsinöörin mahdolliset työtehtävät

Selvitystehtävissä opiskelija tutustuu sähkönsiirtoon keskeisesti liittyviin verkkosivuihin ja vastaa annettuihin kysymyksiin. Monivalintatehtävissä opiskelijalle annetaan vastausvaihtoehdot, joista hänen tulee valita oikea vaihtoehto. Sanaselitystehtävien tarkoituksena on selittää aiheeseen liittyvien käsitteiden tarkoitus. Kuvaustehtävissä opiskelija ohjataan tutustumaan läheisesti sähköverkkoon ja ottamaan kuvia tietyistä verkon komponenteista tai oman kotinsa sähkökeskuksista.

Harjoitteiden on tarkoitus saada opiskelija tutustumaan sähkönsiirtoon, sähköverkkoon ja sähköalaan mahdollisimman kattavasti ja monipuolisesti. Erityisesti kuvaustehtävien avulla opiskelija pääsee näkemään ja tutustumaan sähköverkkoon läheltä.

Verkko-opintojakso on tarkoitettu toteuttaa siten, että sen pyörittämiseen tarvittaisiin mahdollisimman vähän ulkoista työvoimaa. Tehtävien tulisi olla sellaisia, joiden tarkastaminen tapahtuu joko automaattisesti tai opintojaksoon osallistuvien opiskelijoiden toimesta eli ristiin tarkistamalla. Tämän takia opintojaksolle valittiin monivalinta-tehtäviä ja muita helposti tarkistettavia tehtäviä.

#### 7.4 Opintojakson toteutus

Opintojakso toteutetaan käytännössä myöhemmin ja sen toteutuksesta vastaa Jyväskylän ammattikorkeakoulusta nimetty henkilö tai ryhmä. Valmis verkko-opintojakso lisätään Keski-Suomen verkkokurssitarjotin sivuille, josta siihen on mahdollista ilmoittautua.

Verkko-opintojakso tulee suoritettavaksi täysin virtuaalisesti, eikä se vaadi kontaktitunteja. Verkko-opintojakson toteuttamista varten on tehty opintojaksosuunnitelma, joka on nähtävillä liitteessä 5. Tehtävät suunnitellaan siten, että niiden tarkistaminen on mahdollista suorittaa automaattisesti tai opiskelijoiden toimesta, jolloin opintojakso pyörii mahdollisimman paljon omalla painollaan. Ulkoista työtä vaativia kohteita ovat suoritettujen tehtävien kirjaaminen, päiväkirjan tarkistaminen ja opintojakson suoritusmerkinnän kirjaaminen.

Verkko-opintojakson suoritettuaan opiskelijalle kirjataan suoritusmerkintä eli opintojaksosta ei anneta arvosanaa. Opintojakson arviointi tapahtuu joko hyväksytysti tai hylätysti. Suoritusmerkintään vaaditaan, että kaikki opintojakson tehtävät on suoritettu hyväksytysti ja päiväkirjaan on kirjattu vaaditut tiedot.

### 8 Tulokset ja yhteenveto

Vaikka opinnäytetyön aikana ilmeni ongelmia ja kokonaisuutta jouduttiin karsimaan, saatiin lopputuloksena kattava suunnitelma verkko-opintojaksoa varten.

Tarkoituksena oli, että verkko-opintojakso olisi mahdollisimman pitkälle suunniteltu ja toteutettu. Aikataulullisista syistä johtuen jouduin kuitenkin jättämään opintojakson toteutuksen pois. Toisaalta näin pystyin keskittymään täysin suunnitelman tekoon ja kasaamaan mahdollisimman laajan teoriaosuuden opintojaksoa varten.

Lukion opiskelijoille suunnattu kysely oli tarkoitus tehdä kolmessa eri toimipisteessä ja jokaisessa toimipisteessä kahdelle eri luokalle. En kuitenkaan useista yhteydenotto yrityksistä huolimatta saanut sovittua kyselylle aikaa, kuin vain yhteen toimipisteeseen.

Suurin haaste verkko-opintojakson suunnittelussa oli kokonaisuuden kasaaminen. Opintojakson tulisi olla mahdollisimman mielenkiintoinen, jolloin osallistujat saataisiin kiinnostumaan sähköalasta ja ammattikorkeakouluopinnoista. Tämän takia opintojakson sisältö on mahdollisimman helposti lähestyttävää ja käsittelee aiheita yleisellä tasolla.

Verkko-opintojaksoa varten saatiin kuitenkin tuotettua teoriaa ja suunnitelmat sen toteuttamiseen.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toisen asteen opiskelijoille sähkönsiirtoa ja sähköalaa esittelevä verkko-opintojakso. Opintojaksoa varten tuli kerätä teoriaa kirjallisuudesta ja verkkomateriaaleista, suunnitella opintojakson kokonaisuus ja siihen käytettävät työtunnit.

Tuloksena syntyi Suomen sähköverkosta, sähkönsiirrosta ja sähköalasta koostuva materiaali, jota voidaan käyttää verkko-opintojakson pohjana. Lisäksi opintojaksoa varten tuotettiin suunnitelmat, joiden pohjalta se voidaan toteuttaa käytännössä.

Onnistuin suunnittelemaan kokonaisuuden, joka sisältää teoriaa, tehtäviä ja suunnitelmia verkko-opintojaksoa varten. Lukiossa tehdyt kyselyt ja haastattelut tukivat hyvin opinnäytetyöprosessia ja toivat työhön vaadittua laajuutta. Opintojaksoa varten tuotettu teoria on kattava kuvaus Suomen sähkönsiirrosta ja sähköverkosta. Teorian pohjalta voidaan verkko-opintojaksolle tuottaa opintomateriaalia ja teoriaa voidaan hyödyntää myös muissa aiheeseen soveltuvissa kohteissa.

Ajankäytön puitteissa verkko-opintojakson toteutus ja materiaalien tuottaminen ja kasaaminen Optima työtilaan jäi puuttumaan. Mikäli aikaa olisi ollut enemmän, olisi Optima työtilaan kasattu jokaista aihealuetta käsittelevää verkko-opetus materiaalia ja tehtäviä. Lisäksi lukiolaisille suoritettu kysely olisi suoritettu isommalle määrälle

oppilaita, jolloin olisi saatu parempi kokonaiskuva opiskelijoiden mielenkiinnosta sähköalaa kohtaan.

Työssä käytettyjä lähteitä voidaan pitää luotettavina. Opinnäytetyön lähteet painottuivat opintomateriaaleihin, alan kirjallisuuteen ja aihetta käsitteleviin verkkojulkaisuihin. Opinnäytetyön internetlähteinä erityisesti painottuivat Fingridin ja Energiateollisuuden sivut. Fingrid on Suomen kantaverkkoyhtiö, jolla on täysi vastuu Suomen sähkönsiirrosta kantaverkossa ja Energiateollisuus on energia-alan elinkeino- ja työmarkkinapoliittinen etujärjestö. Työn lähteinä käytetyt teokset ovat siis alan ammattilaisten kirjoittamia ja valmistamia.

Opinnäytetyötä voidaan jatkossa hyödyntää koulumaailmassa materiaalina sähkönsiirtoa käsittelevillä kursseilla. Lisäksi työtä voidaan käyttää apuna verkkokurssien suunnittelussa.

Verkko-opintojaksoa voisi jatkossa kehittää siten, että Optima työtilaan kasattaisiin jokaista aihekokonaisuutta koskevat verkko-opetus materiaalit ja siihen liittyvät tehtävät. Opintojaksolle voisi tuottaa sisältöä haastattelemalla sähköinsinöörejä ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun opiskelijoita. Verkko-opintojakson toteutuksen jälkeen opintojakson aikatauluja ja sisältöä voisi muuttaa opintojaksolle osallistuneiden opiskelijoiden palautteen mukaan.



## Lähteet

Automaatiota ja sähkövoimatekniikkaa. N.d. Esittely Jyväskylän ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelmasta. Viitattu 24.2.2017. <https://www.jamk.fi/fi/Koulutus/tekniikan-ala/insinööri-sähkö-ja-automaatiotekniikka/>

Caruna investoi yli kaksi miljoonaa sähkönsiirtoverkkoon Kurikassa. 2014. Artikkelin Sähköalan sivuilla. Viitattu 26.4.2017. [http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2014/fi\\_FI/200814\\_Caruna\\_Kurikka/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2014/fi_FI/200814_Caruna_Kurikka/)

Elovaara, J., & Haarla L. 2011. Sähköverkot II Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Elovaara, J. & Laiho, Y. 1988. Sähkölaitostekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino.

Harsia, P. 2008. Jakelujärjestelmät. Virtuaali AMK:n opetusmateriaali. Viitattu 19.4.2017. <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1150107031700/1150107977837/1150110228558.html>

Harsia, P. 2013. IT- ja TT-järjestelmä. Oppimateriaali Tampereen ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 19.4.2017. <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/it-ja-tt-jarjestelmat/>

Harsia, P. 2013. TN-järjestelmä. Oppimateriaali Tampereen ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 19.4.2017. <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. JAMK julkaisuja 134. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Keski-Suomen verkkokurssitarjotin. N.d. Jyväskylän ammattikorkeakoulun tarjoamat kurssi mahdollisuudet Pedan sivuilla. Viitattu 8.5.2017.

<https://peda.net/kurssitarjottimet/keski-suomi/amkkurssit>

Korpinen, L. N.d.a. Sähkönsiirto- ja jakeluverkot. Oppimateriaali Leena Korpisen sivuilla. Viitattu 24.2.2017.

[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/3sahkon\\_siirto\\_ja\\_jakeluverkot.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakeluverkot.pdf)

Korpinen, L. N.d.b. Sähköturvallisuus. Oppimateriaali Leena Korpisen sivuilla. Viitattu 19.4.2017. [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/7sahkoturvallisuus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf)

Korpinen, L. N.d.c. Sähköverkko. Oppimateriaali Leena Korpisen sivuilla. Viitattu 27.4.2017. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/generaattorit.pdf>

Kumpulainen, L., Laaksonen, H., Komulainen, R., Martikainen, A., Lehtonen, M., Heine, P., Silvast, A., Imris, P., Partanen, J., Lassila, J., Kaipia, T., Viljainen, S., Verho, P., Järventausta, P., Kivikko, K., Kauhaniemi, K., Lågland, H. & Saaristo, H. 2006. Verkkovisio 2030: Jakelu- ja alueverkkojen teknologiavisio. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kysymyksiä ja vastauksia älykkäästä sähköjärjestelmästä. N.d. Artikkelit Työ- ja elinkeinoministeriön sivuilla. Viitattu 27.4.2017. <http://tem.fi/perustietoja>

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Määritelmiä. N.d. Artikkelit Fingridin sivuilla. Viitattu 25.4.2017.

<http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/tasepalvelut/maaritelmia/Sivut/default.aspx>

Optima opas käyttäjälle. 2015. Verkkotoimintoympäristö Optiman opas käyttäjälle Discendumin sivuilla. Viitattu 27.4.2017.

[http://akatemia.discendum.com/ohjeet/Optima-Opas\\_kayttajalle\\_24.11.2015.pdf](http://akatemia.discendum.com/ohjeet/Optima-Opas_kayttajalle_24.11.2015.pdf)

Pollari, T. 2017. Fysiikan ja kemian lehtori. Schildtin lukio. Haastattelu 12.5.2017.

Puttonen, P. 2014. Sähkön tuotanto ja jakelu. Luentomateriaali Jyväskylän ammattikorkeakoulun sisäisessä koulutuksessa. Viitattu 7.4.2017.

<https://optima.jamk.fi/learning/id2/bin/user?rand=30537>

Rantala, P. 2016. Kiinteistön sähköverkko. Oppimateriaali Oulun ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 25.4.2017.  
[http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat\\_2016\\_aineisto/Kiinteiston\\_sahkoverkko/Osa1\\_Kiinteiston\\_sahkoverkko\\_k2016.pdf](http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2016_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Osa1_Kiinteiston_sahkoverkko_k2016.pdf)

Teknologian yleisesittely 2015-2016 suomeksi. N.d. Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksikön yleisesittely. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.2.2017.

Tuntimittausta ja etäluentaa. N.d. Artikkelit Energiateollisuuden sivuilla. Viitattu 27.4.2017. [http://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon\\_mittaus](http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_mittaus)

Tutustu ja menesty. N.d. Esittely Jyväskylän ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 24.2.2017. <https://www.jamk.fi/fi/Tietoa-JAMKista/Tutustu-JAMKiin/>

Sarvaranta, A. 2010. Älykkäät sähköverkot. Harjoitustyö Energiateollisuuden sivuilla. Viitattu 27.4.2017.  
[http://energia.fi/files/665/Alykkaat\\_sahkoverkot\\_Suomessa\\_ja\\_Euroopassa.pdf](http://energia.fi/files/665/Alykkaat_sahkoverkot_Suomessa_ja_Euroopassa.pdf)

SFS 6000-1-313. 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-313: Johtimien järjestelyt ja järjestelmän maadoitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 13.8.2012. Viitattu 19.4.2017.

SFS 6000-4-43. 2012. Pienjänniteasennukset. Osa 4-43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 13.8.2012. Viitattu 27.4.2017.

Suomen sähkövoimajärjestelmä. N.d. Suomen sähkövoimajärjestelmän kuvaus Fingridin sivuilla. Viitattu 6.4.2017.  
<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>

Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet. 2004. Artikkelit Fingridin sivuilla. Viitattu 11.4.2017.  
<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCSahkoasema.aspx>  
[x](#)

Sähköntuotanto. N.d. Artikkelit Energiateollisuuden sivuilla. Viitattu 5.4.2017.  
[http://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto](http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto)

Sähköverkkojen rakenne. N.d. Suomen sähköverkon rakenteen kuvaus Energiateollisuuden sivuilla. Viitattu 7.4.2017. [http://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiaverkot/sahkoverkot](http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkoverkot)

Yleistietoa häiriöistä. N.d. Artikkelit Energiateollisuuden sivuilla. Viitattu 20.4.2017.  
[http://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiaverkot/sahkokatkot](http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkokatkot)

Voimansiirtoverkko. N.d. Suomen voimansiirtoverkon esittely Fingridin sivuilla. Viitattu 6.4.2017.  
<http://www.fingrid.fi/fi/yhtio/esittely/voimansiirtoverkko/Sivut/default.aspx>

Väärämäki, M. 2004. Teho- ja mittamuuntajat. Lyhennelmä artikkelista Fingrid-lehdessä. Viitattu 26.4.2017.  
<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCteho-ja-mittamuuntajat.aspx>

Älyverkot. N.d. Artikkelit Fingridin sivuilla. Viitattu 27.4.2017.  
<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/kehityshankkeet/alyverkot/Sivut/default.aspx>

## Liitteet

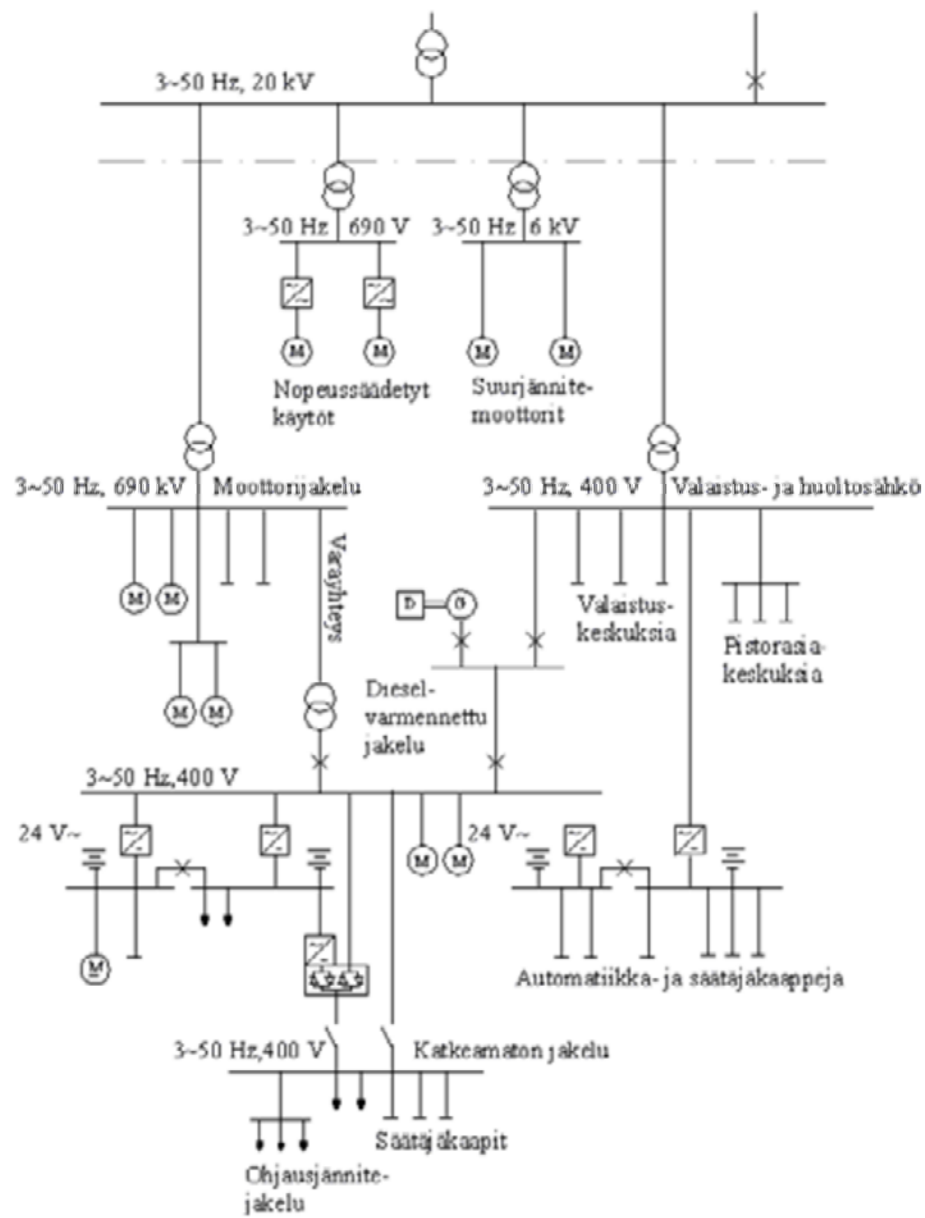
Liite 1. Suomen voimansiirtoverkko (Voimansiirtoverkko n.d.)

Fingrid Oyj:n  
voimansiirtoverkko  
1.1.2017

- 400 kV kantaverkko
- 220 kV kantaverkko
- 110 kV kantaverkko
- muiden verkko



Liite 2. Teollisuusverkon rakenne ja kuormalaitteet (Korpinen n.d.)



## Liite 3. Kysely toisen asteen opiskelijoille

1/3

Kysely  
Toukokuu 2017

1 (3)

**1 Monivalintatehtävät. Alleiviivaa oikea vastaus.**

1. Mikä on Suomen suurin sähkönsiirtojännite? (1 kilovoltti = 1000 voltia)
  - a) 600 kilovoltia
  - b) 400 kilovoltia
  - c) 110 kilovoltia
2. Kuinka monta prosenttia Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta tuodaan ulkomailta?
  - a) n. 50 %
  - b) n. 35 %
  - c) n. 20 %
3. Kuinka monta sähköhenkilöautoa on liikennekäytössä Suomessa?
  - a) n. 1000 kpl
  - b) n. 500 kpl
  - c) n. 100 kpl
4. Sähkön saanti tuntuu itsestäänselvyydeltä, mutta mikä aiheuttaa eniten (n. 30 %) Suomen sähköverkossa tapahtuvista sähkökatkoista?
  - a) Tuuli ja myrsky
  - b) Eläimet
  - c) Verkon rakenne- ja käyttövirhe
5. Mikä on kuvassa esitetty sähköverkon komponentti?



- a) Puistomuuntamo
- b) Kytkinasema
- c) Eläinpeli-kaappi

## Liite 3. Kysely toisen asteen opiskelijoille

2/3

Kysely  
Toukokuu 2017

2 (3)

6. Mitä kodin sähkökomponenttia kuvaa seuraava sähköpiirrosmerkki?



- a) Valaisin
- b) Kaksiosainen pistorasialausta
- c) Jakorasialausta

2 Oletko kiinnostunut jatko-opinnoista ammattikorkeakoulussa?

- a) Kyllä
- b) En
- c) En tiedä

3 Oletko kiinnostunut tekniikan alasta? Mikä tekniikan ala kiinnostaisi eniten? Jos olet kiinnostunut niin alleviivaa mieluisin suuntautuminen listalta

Jyväskylän ammattikorkeakoulussa on tekniikan alalla mahdollista opiskella

- Energia- ja ympäristötekniikka, Insinööri
- Englanninkielinen International Logistics, Bachelor of engineering
- Konetekniikka, Insinööri
- Logistiikka, Insinööri
- Logistiikka, johtaminen, Insinööri
- Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri
- Tieto- ja viestintätekniikka, Insinööri
- Sähkö- ja automaatiotekniikka, Insinööri

4 Olisitko kiinnostunut valinnaisesta verkkokurssista, jossa pääsisit tutustumaan sähköalaan? Kurssilla tutustutaan sähköalaan yleisesti, insinöörin työtehtäviin ja sähkönsiirtoon ja -jakeluun.

- a) Kyllä
- b) En
- c) En tiedä



## Liite 3. Kysely toisen asteen opiskelijoille

3/3



Kysely  
Toukokuu 2017

3 (3)

## 5 Mitä toivoisit verkkokurssin sisältävän? Mikä kiinnostaisi eniten? Rastita vaihtoehdot

Insinöörien haastattelut	Videot sähkönsiirrosta ja -jakelusta	Tutustuminen oman kotinsa sähköverkkoon	Kuvaustehtävä (Etsi ja ota kuva sähköverkon komponentista esim. muuntaja)
Tietoa älyverkoista eli älykkäistä sähköjärjestelmistä	Tutustuminen sähkönsiirtoon Suomessa	Tietoa sähköverkon tulevaisuudesta	Monivalintatehtäviä
Tietoa sähkökatkoista ja häiriöistä	Tehtävä, jossa selvitetään mistä sähkö tulee omaan kotiin	Tutustuminen sähköverkon komponentteihin	Taru sormusten herrasta elokuvatrilogia

## 6 Vapaa sana. Mikä sinua kiinnostaisi sähköalassa?

## Liite 4. Mallitehtävät

### Sähkövoimajärjestelmä

1/3

#### 1 Sähkövoimajärjestelmä

Selvitys tehtävä Fingridin sivuilta kysymykset ja vastaukset:

- Mikä on Fingrid Oyj? Suomen kantaverkkoyhtiö.
- Mistä Fingrid vastaa Suomessa? Vastaa sähkönsiirrosta kantaverkossa, sekä kantaverkon ylläpidosta ja kehittämisestä.
- Mitä tarkoittaa kantaverkko? Sähkönsiirron runkoverkko, johon suuret voimalaitokset ja tehtaot sekä alueelliset jakeluverkot on liitetty.
- Mikä on Suomen suurin siirtojännite kantaverkossa? 400 kV
- Mistä Suomen voimajärjestelmä koostuu? Voimalaitoksista, kantaverkosta, suurjännitteisistä jakeluverkoista, jakeluverkoista ja sähkön kuluttajista.
- Mihin eri maihin Suomesta on suora sähköverkkoysteys? Ruotsiin, Venäjälle, Norjaan ja Viroon.
- Selvitä Voimajärjestelmän tila -sivulta kuinka paljonko Suomeen tuodaan tai Suomesta viedään sähköä tällä hetkellä? (MW)
- Mitä tarkoittaa tehotasapaino? Sähkön tuotannon ja kulutuksen välistä tasapainoa.
- Paljonko Suomen tuotanto on yli- tai alijäämäistä tällä hetkellä? (MW)

## Liite 4. Mallitehtävät

### Sähköverkon komponentit

2/3

#### 2 Sähköverkon komponentit

Sähköverkon komponenttien tehtävä sähkönsiirrossa kysymykset ja vastaukset:

- Selitä komponenttien tehtävä sähkönsiirrossa internetiä ja luentomateriaali hyväksi käyttäen.
  - o Tehomuuntaja. Muuntaa sähköverkon osan jännite sopivaan tasoon joko voimansiirtoon, jakeluun tai kulutukseen sopivaksi.
  - o Kantaverkko. Kantaverkko on suurjännitteinen sähkönsiirtoverkko, jota käytetään sähkönsiirtoon kulutusalueille.
  - o Sähköasema. Sähköverkon solmukohta, jossa sähkönsiirto voidaan jakaa eri johdoille.
  - o Alueverkko. Alueverkon kautta siirretään sähköä kantaverkosta jakeluverkkoon.
  - o Jakeluverkko. Jakeluverkko siirtää sähköä alueellisesti kuluttajille.
  - o Jakelumuuntamo. Muuntaa jakeluverkon siirtojännitteen pienjännitteeksi.

Kuvaustehtävä (etsi ja ota kuva sähköverkon komponentista)

- Puistomuuntamo
- Pylväsmuuntamo
- Jakokaappi
- 20 kV avolinja
- 110 kV sähkölinja

## Liite 4. Mallitehtävät

### Sähköverkon häiriöt ja ongelmat

3/3

#### 3 Sähköverkon häiriöt ja ongelmat

Selvitys tehtävä Energiateollisuuden sivuilta kysymykset ja vastaukset:

- Mikä ilmiö aiheuttaa eniten sähkökatkoja Suomen sähköverkossa? Tuuli ja myrsky.
- Missä verkon osassa valtaosa keskeytyksiä aiheuttavista vioista tapahtuu? Ilmassa kulkevalla avojohdoilla.
- Mikä olisi paras keino parantaa sähkön toimitusvarmuutta? Voimajohtojen kaivaminen maan alle eli kaapelointi.
- Kuinka monta asiakasta on tällä hetkellä sähköttömänä? (Katso sähkökatkokartta) XXX asiakasta.
- Kuinka monta asiakasta on ollut enimmillään sähköttömänä viimeisen seitsemän päivän aikana? XXXXX asiakasta.
- Paljon on Suomen keskimääräinen sähkönjakelun keskeytysaika vuositasolla maaseudulla? Entä taajamissa? Maaseudulla noin kolme tuntia ja taajamissa alle tunti.
- Kenen vastuulla on tiedottaa sähkökatkosta asiakkaalle? Sähköverkkoyhtiön, jonka alueella katko on.
- Kuinka kauan Suomen polttoainevarastot riittävät ilman täydennystä, jos tapahtuu pitkä sähkökatko? 5kk

## Liite 5. Opintojaksosuunnitelma



Opintojaksosuunnitelma  
9.5.2017

1 (1)

Opintojakso: Sähkönsiirto 2017

Laajuus: 1,5 op (40,5h)

Materiaali: Kalvosarjat, kurssin muu materiaali, sähköverkkoon liittyvät internetsivut, tehtävät ja päiväkirja

Etäopetus (h)	Suunniteltu sisältö	Tehtävät
5	Sähkövoimajärjestelmä	- Selvitys tehtävä Fingridin sivuilta
10	Sähköverkon komponentit	- Komponenttien tehtävä sähkönsiirrossa - Kuvaustehtävä
5	Sähköverkon häiriöt ja ongelmat	- Selvitys tehtävä Energiateollisuuden sivuilta -
5	Sähköverkkojen tulevaisuus	- Monivalintatehtävä
6	Kiinteistöverkko	- Kuvaustehtävä (pääkeskus, ryhmäkeskus) - Keskusten komponenttien toiminnan selittäminen
5	Älyverkko	- Monivalintatehtävä
5	Sähkönsinöörin työ	- Selvitä sähkönsinöörin työnkuva

Lisäksi opiskelija kirjaa päiväkirjaan tehdyt tehtävät ja opitut asiat päivä tasolla.